

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MOACIR MANOEL RODRIGUES JUNIOR

ALOCÇÃO DE RECURSOS COM BASE NO DESEMPENHO: UMA APLICAÇÃO DE  
*VOTING GAMES* AO PROGRAMA REHUF

CURITIBA

2015

MOACIR MANOEL RODRIGUES JUNIOR

ALOCÇÃO DE RECURSOS BASEADO EM DESEMPENHO: UMA APLICAÇÃO DE  
*VOTING GAMES* AO PROGRAMA REHUF

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, na Área de Concentração em Programação Matemática, dos setores de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de doutor.

Orientador: Prof. Dr. Volmir Eugênio Wilhelm

CURITIBA  
2015

---

R696a

Rodrigues Junior, Moacir Manoel

Alocação de recursos com base no desempenho : uma aplicação de *voting games* ao programa REHUF/ Moacir Manoel Rodrigues Junior. – Curitiba, 2015.

153 f. : il. color. ; 30 cm.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, 2015.

Orientador: Volmir Eugênio Wilhelm .

Bibliografia: p. 143-153.

1. Votação. 2. Processo decisório por critério múltiplo. 3. Alocação de recursos. 4. Avaliação de desempenho. I. Universidade Federal do Paraná. II. Wilhelm, Volmir Eugênio. III. Título.

CDD: 658.4038

---

## TERMO DE APROVAÇÃO

MOACIR MANOEL RODRIGUES JUNIOR

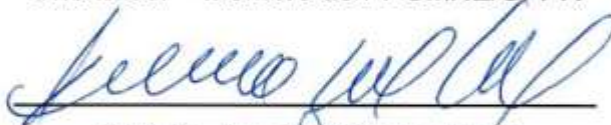
"ALOCÇÃO DE RECURSOS COM BASE NO DESEMPENHO: UMA APLICAÇÃO  
DE VOTING GAMES AO PROGRAMA REHUF"

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de doutora no Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



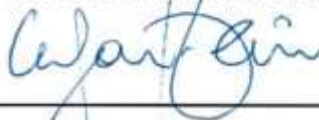
Prof. Dr. Volmir Eugênio Wilhelm

Orientador – Membro do PPGMNE/UFPR



Prof. Dr. Anselmo Chaves Neto

Membro do PPGMNE/UFPR



Prof. Dr. Nelson Hein

Membro do PPGCC/FURB

(participação por vídeo conferência)

Prof. Dr. Helder Gomes Costa

Membro do Dep. de Engenharia de Produção da UFF



Prof.ª Dr.ª Adriana Kroenke

Membro do PPGAD/FURB

Curitiba, 31 de julho de 2015.

Aos meus Pais, Moacir Manoel Rodrigues e Vilma Terezinha Vailati Rodrigues

## AGRADECIMENTOS

Após esta caminhada, posso dizer que com muito esforço e dedicação, consegui finalizá-la. Porém, meu esforço e dedicação foram obtidos com a ajuda de pessoas especiais, e a elas é que estendo meus agradecimentos.

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, Moacir e Vilma por serem sempre o meu ponto de apoio. Gostaria que vocês percebessem que esta vitória também é de vocês. Queria um dia retribuir tudo que vocês me deram.

À minha irmã Carolina e meu cunhado/irmão Allan, obrigado por todo o empenho e torcida.

À Fernanda Kreuzberg, minha companheira dos momentos bons e dos momentos ruins. Seu amor foi o poder que precisava para vencer estas longas estradas rumo a este objetivo. Que possamos viver bem felizes juntos até meus 119 anos.

Aos amigos do MULTIVAR, Nelson, Adriana, Marlon e Flávio, sempre aprenderemos mais um pouco.

Aos amigos Jefferson e Ana por todo companheirismo e todos os momentos de felicidade, principalmente com a chegada de Jefferson Pietro, meu afilhado.

Ao amigo Tarcísio (Preto), foram momentos de diversão, foram momentos de trabalho, foram momentos de amizade. Preto, obrigado pela torcida.

À Profa. Dra. Ilse Maria Beuren, sua torcida e seu carinho sempre me marcaram nesta caminhada. Um dia terei metade de seu Lattes...

Ao amigo Prof. Dr. Rosemar Hall, por ter me ajudado tanto no entendimento da máquina que são os HUs. Sua contribuição maior foi sua amizade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Volmir Eugênio Wilhelm, agradeço os ensinamentos e palavras de apoio. Mas devo agradecer principalmente pela confiança depositada. Jamais esquecerei este gesto, por este motivo serei para sempre grato.

Ao Prof. Dr. Helder Gomes Costa por suas contribuições ímpares a este estudo, tanto na Banca de Qualificação quanto na de Defesa final. Sua dedicação a área dos métodos Multicritérios é inspiradora. Serei sempre grato a sua dedicação.

À Profa. Dra. Adriana Kroenke por seu companheirismo durante as disciplinas, nas incontáveis viagens e por suas contribuições ao trabalho tanto na Banca de Qualificação quanto na Defesa final. Muito Obrigado.

Ao Prof. Dr. Anselmo Chaves Neto, mais do que um professor, um amigo. Seus ensinamentos foram importantíssimos para minha formação. Meu muito obrigado.

Ao amigo, ex-orientador, co-orientador e defensor Prof. Dr. Nelson Hein. Faz sete que trabalhamos juntos. Foram apenas os primeiros sete. O conhecimento que tenho hoje devo a ti. Chefe você é demais. Espero um dia poder ajudar outra pessoa como você me ajudou.

A todos os professor, alunos, funcionários do Programa de Métodos Numéricos em Engenharia. Obrigado pelo conhecimento adquirido e pelas experiências vividas.

E como esta foi a última parte escrita em minha tese. Eu agradeço a DEUS, que me acompanhou e me iluminou, do princípio, durante as longas viagens até o fim.

*“Um dos paradoxos dolorosos do nosso tempo reside no fato de serem os estúpidos os que têm a certeza, enquanto os que possuem imaginação e inteligência se debatem em dúvidas e indecisões.”*

Bertrand Russell

## RESUMO

A problemática da alocação de recursos é uma linha de estudo em diferentes áreas do conhecimento. Modelos aplicados a esta realidade surgem com diferentes características e em diferentes cenários. O governo federal brasileiro, por meio do Programa de Reestruturação dos Hospitais Universitários (REHUF), criou uma política de alocação de recursos à Hospitais Universitários (HU) com intuito de melhorar suas instalações e serviços. O questionamento que surge é como distribuir estes recursos para os 45 HUs vinculados ao Ministério da Educação de forma que seja pautado no desempenho operacional das entidades. Dá-se então o objetivo desta pesquisa como: Modelar a conciliação dos *Voting Games*, por meio dos Índices de Poder de Shapley-Shubik e Banzhaf, aos problemas de alocação de recursos com base no desempenho para Hospitais Universitários participantes do REHUF.. Os Jogos Cooperativos de Votação, admitidos aqui como Jogos de Maioria Ponderada, são utilizados para mensurar o poder que um jogador/eleitor possui em um comissão eleitoral onde há ponderação quanto a quantidade de votos de cada membro. A temática do desempenho está inserida no passo inicial da avaliação do desempenho, que é a sua mensuração. Para a mensuração do desempenho foram usados os Métodos de Apoio a Decisão Multicritério: T-ODA, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE II. Os Índices de Poder de Shapley-Shubik e Banzhaf foram estimados por meio de simulação de Monte-Carlo. Foram obtidos oito modelos de distribuição de recursos, sendo fruto da combinação de quatro métricas de desempenho e dois Índices de Poder. Os resultados apontam para as especificidades de cada modelo e que os Índices de Banzhaf e Shapley-Shubik, aplicados a grandes comissões eleitorais, obtém valores próximos entre si. Os modelos baseados nos métodos T-ODA e TOPSIS tenderam a favorecer entidades com desempenho menor. O modelo que utiliza a mensuração VIKOR de desempenho, admite uma maior concentração de recursos a HUs com maior desempenho. Os resultados da aplicação do método PROMETHEE II destacam variações distribuídas igualmente para todos os níveis de desempenho. Conclui-se assim que os modelos híbridos propostos se mostraram robustos corroborando com o que preconiza a literatura de que a construção dos Índices de Poder satisfaz os princípios da justiça e equidade entre os jogadores.

**Palavras-chaves:** Problemas de Votação. Métodos de Apoio a Decisão Multicritério. Alocação de Recursos. Avaliação de Desempenho.



## ABSTRACT

The problem of resource allocation is a study line in different areas of knowledge. Models applied to this reality arise with different features and in different scenarios. The Brazilian government, through the University Hospitals Restructuring Program (REHUF), created an investment policy in University Hospitals (UH) with purpose of improve its facilities and services. The question that arises is how to allocate these funds to the 45 HUs linked to the Ministry of Education as it was ruled into the operating performance of the entities. The objective of this research was given as: Modeling the conciliation of the Voting Games, through the Power Indexes of Shapley-Shubik and Banzhaf, to the resource allocation problem based on performance for University Hospitals participants REHUF. The Cooperative Games of Voting, admitted here as Weighted Majority Games, are used to measure the power that a player/voter has in an election commission where there is weight as the amount of votes of each member. The performance theme was inserted in the first step of performance evaluation, which is the measurement. For measuring the performance was used the Multiple Criteria Decision Making: T-ODA, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE II. The Power Indexes Banzhaf and Shapley-Shubik were estimated using Monte Carlo simulation. Obtained eight resource allocation models, being the result of the combination of four performance metrics and two Power Indexes. The results point to the specifics of each model and the Indexes of Banzhaf and Shapley-Shubik, applied to large commissions, gets values very close to each other. The models based on T-ODA and TOPSIS methods tended to favor entities with lower performance. The model uses the VIKOR performance measurement, accepts a higher concentration of funds to HUs with higher performance. The results of the application of PROMETHEE II method out equally distributed variations for all levels of performance. It is therefore concluded that the proposed hybrid models are robust confirming what literature recommends that the construction of the Power Index satisfy the principles of justice and equity among the players.

**Keywords:** Voting Problems. Multiple-Criteria Decision Analysis. Allocation of Resources. Performance Evaluation.

## RESUMEN

La cuestión de la asignación de recursos es una línea de estudio en diferentes áreas del conocimiento. Modelos aplicados a esta realidad vienen con diferentes características y en diferentes escenarios. El gobierno brasileño, a través del Programa de Reestructuración de los Hospitales Universitarios (REHUF), creó una política de asignación de recursos a los Hospitales Universitarios (UH) con el fin de mejorar sus instalaciones y servicios. La pregunta que surge es cómo distribuir estos fondos a los 45 HUs vinculadas al Ministerio de Educación ya que se guía en el desempeño operativo de las entidades. Se da entonces el objetivo de la investigación como: Construir un modelo de conciliación de los *Voting Games*, a través de los Índices de Poder de Banzhaf y Shapley-Shubik, con el problema de la asignación de recursos basado en el rendimiento para Hospitales Universitarios participantes REHUF. Los Juegos Cooperativos de Votación admitidos aquí como Juegos de Mayoría Ponderadas, se utilizan para medir lo poder que un jugador/votante tiene en una comisión electoral donde hay peso como la cantidad de votos de cada miembro. El tema desempeño es parte de la primera etapa de evaluación de desempeño, que es la medición. Para medir el rendimiento se utilizaron los Métodos de Apoyo a Decisión Multicriterio: T-ODA, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE II. Los Índices de Poder de Banzhaf y Shapley-Shubik fueron estimados utilizando simulación de Monte-Carlo. Se obtuvieron ocho modelos de distribución de recursos, siendo el resultado de la combinación de cuatro métricas de desempeño y dos Índices de Poder. Los resultados apuntan a los aspectos específicos de cada modelo y el índice de Banzhaf y Shapley-Shubik aplicada a grandes comisiones electorales, obtiene valores muy cerca uno del otro. Los modelos basados en los métodos T-ODA y TOPSIS tienden a favorecer a las entidades con menor desempeño. El modelo que utiliza medición VIKOR del desempeño, permite una mayor concentración de los recursos a HUs un mayor desempeño. Los resultados de la aplicación del método PROMETHEE II cabo distribuyen por igual para todas las variaciones de los niveles de rendimiento. Por tanto, se concluyó que los modelos híbridos propuestos son robustos confirmando lo que la literatura recomienda que la construcción de los Índices de Poder satisface los principios de justicia y equidad entre los jugadores.

**Palabras clave:** Problemas de Votación. Métodos de Decisión Multicriterio. Asignación de Recursos. Evaluación del Desempeño

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráficos das regras de transformação para variáveis de Perfil e Porte.....	36
Figura 2 - Gráficos das regras de transformação para variáveis de Gestão.....	39
Figura 3 - Gráficos das regras de transformação para variáveis de Ensino.....	41
Figura 4 - Árvore de decisão .....	46
Figura 5 - Solução Ideal e Solução Compromisso .....	53
Figura 6 – Mapa epistemológico da Teoria dos Jogos .....	61
Figura 7 - Gráfico da função de utilidade da coalizão S .....	76
Figura 8 - Delineamento da pesquisa .....	94
Figura 9 - Comparação entre a distribuição MEC e os Modelos Propostos.....	134

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores de preferência T-ODA .....	47
Quadro 2 - Funções de preferência.....	56
Quadro 3 - População da pesquisa.....	85
Quadro 4 - Indicadores utilizados na pesquisa .....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos dados da pesquisa .....	95
Tabela 2 – Análise da entropia da Informação .....	96
Tabela 3 – Obtenção dos pesos de subcritérios e critérios para o T-ODA .....	99
Tabela 4 - Construção do score T-ODA .....	100
Tabela 5 - Distâncias para um cenário Ideal TOPSIS .....	102
Tabela 6 - Distâncias para um cenário Anti-Ideal TOPSIS .....	104
Tabela 7 - Score de desempenho TOPSIS .....	105
Tabela 8 – Efeitos no desempenho da Utilização de Pesos Entrópicos .....	107
Tabela 9 - Indicador $S_i$ método VIKOR .....	109
Tabela 10 - Indicador $R_i$ método VIKOR .....	110
Tabela 11 - Indicador $Q_i$ método VIKOR, score geral .....	112
Tabela 12 – Mutações de $Q_i$ em função da variação de $v$ .....	113
Tabela 13 – Margens de superioridade e sobreposição e índice geral PROMETHEE II .....	115
Tabela 14 – Scores transformados, método PROMETHEE II .....	117
Tabela 15 - Cálculo dos Índices de Poder de Banzhaf e Shapley-Shubik .....	119
Tabela 16 - Resultado das Simulações para mensuração dos Índices de Poder .....	120
Tabela 17 – Intervalos de confiança das estimativas dos Índices de Poder .....	121
Tabela 18 – Índices de Poder para o desempenho segundo T-ODA .....	123
Tabela 19 - Índices de Poder para o desempenho segundo TOPSIS .....	125
Tabela 20 - Índices de Poder para o desempenho segundo VIKOR .....	127
Tabela 21 - Índices de Poder para o desempenho segundo PROMETHEE II .....	129
Tabela 22 - Matriz de distribuição de recursos por Índices de Poder .....	131
Tabela 23 - Distribuição dos recursos por meio da matriz estabelecida pelo MEC .....	132
Tabela 24 - Comparação das distribuições com o desempenho .....	135
Tabela 25 – Índices de Poder aplicados na Matriz de Desempenho REHUF .....	136

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO .....	17
1.2 PROBLEMA DA PESQUISA .....	20
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	21
1.3.1 Objetivo Geral da Pesquisa.....	21
1.3.2 Objetivos Específicos da Pesquisa .....	21
1.4 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA .....	22
1.5 TESE.....	25
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	26
<b>2 REFERÊNCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>28</b>
2.1 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL EM HOSPITAIS .....	28
2.1.1 Avaliação de Desempenho em Hospitais .....	29
2.1.2 Caracterização Organizacional de Hospitais Universitários .....	31
2.1.3 Sistema de Distribuição de Recursos do REHUF .....	33
2.2 MÉTODOS DE APOIO A DECISÃO MULTICRITÉRIO .....	43
2.2.1 Método <i>Trade-Off Decision Analysis</i> (T-ODA).....	45
2.2.2 Modelos de Cenários Ideais.....	49
2.2.2.1 Método TOPSIS .....	49
2.2.2.2 Método VIKOR .....	51
2.2.3 Método PROMETHEE.....	55
2.3 <i>VOTING GAMES</i> NA TEORIA DOS JOGOS .....	58
2.3.1 Jogos com Transferência de Utilidade.....	62
2.3.2 Valor de Shapley .....	65
2.3.3 <i>Voting Games</i> .....	70
2.3.3.1 Regra de Votação.....	71
2.3.3.2 Eleitor Bem-Sucedido e Eleitor Decisivo.....	73
2.3.4 Índices de Poder .....	74
2.3.4.1 Índice de Shapley-Shubik.....	75
2.3.4.2 Índice de Banzhaf .....	78
2.3.4.3 Aplicações dos Índices de Shapley-Shubik e Banzhaf.....	81
<b>3 MÉTODOS DE PESQUISA .....</b>	<b>84</b>

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	84
3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA .....	85
3.3 DADOS DA PESQUISA .....	87
3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS.....	88
3.4.1 Modelo de Simulação de Monte Carlo .....	89
3.4.2 Entropia da Informação .....	91
3.4.3 Métodos de Análise Complementar e Padronização .....	92
3.5 TRAJETÓRIA DA PESQUISA .....	93
<b>4 RESULTADOS DA PESQUISA .....</b>	<b>95</b>
4.1 MENSURAÇÃO DO DESEMPENHO POR T-ODA.....	98
4.2 MENSURAÇÃO DO DESEMPENHO POR TOPSIS E VIKOR .....	101
4.2.1 Resultados Método TOPSIS .....	102
4.2.2 Resultados Método VIKOR .....	108
4.3 MENSURAÇÃO DO DESEMPENHO POR PROMETHEE II.....	114
4.4 DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS PELOS ÍNDICES DE PODER .....	118
4.4.1 Modelo de Simulação para Estimação dos Índices de Poder .....	119
4.4.2 Aplicação dos Índices de Poder na Distribuição de Recursos.....	122
4.5 COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO .....	132
<b>5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>138</b>
5.1 CONCLUSÃO .....	138
5.2 RECOMENDAÇÕES .....	141
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>142</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A alocação de recursos é um tema muito discutido em pesquisas publicadas no Brasil e no exterior. Esta temática leva a um conjunto de paradigmas, que envolvem: a distribuição de recursos de forma justa, a valorização de quem recebe e o retorno esperado para quem investe. Sobre estes paradigmas é possível o estudo e a aplicação de três ramos do conhecimento científico, Teoria dos Jogos (SHAPLEY, SHUBIK, 1954; BANZHAF, 1965; 1968), Métodos de Apoio a Decisão Multicritério (POMEROL, BARBA-ROMERO, 2000; TZENG, HUANG, 2011) e Avaliação Técnica de Desempenho (PAPANICOLAS et al.; 2013).

Teoria dos Jogos é a área do conhecimento científico que estuda situações onde existe a necessidade do comportamento estratégico por parte de seus atores, doravante chamados de jogadores. Seu cenário de estudo é notadamente complexo, considerando a forte segregação das situações de aplicação, visto que há cenários onde os jogadores competem individualmente entre si (Jogos Não-Cooperativos), assim como cenários onde os jogadores competem, porém atuam de forma a maximizar o ganho conjunto (Jogos Cooperativos). O conceito de Jogos Não-Cooperativos baseia-se em Von Neumann e Morgenstern (1944), por sua vez, a discussão dos Jogos Cooperativos tem início com Nash (1950b). A partir destes trabalhos, outras correntes teóricas surgiram. Por exemplo, Shapley (1953) destaca-se pela esquematização do modelo de distribuição de ganhos. No trabalho, o autor baseia-se na ideia da distribuição de recursos para coalizões, acordos de cooperação formadas pelos jogadores, defendendo que os recursos devem ser distribuídos entre os jogadores, conforme seu grau de contribuição para o grupo. A partir destes resultados, Shapley e Shubik (1954) adaptaram esta ideia para situações que envolvem uma comissão de votação, sendo que as coalizões são consideradas como os grupos de eleitores que votam favoráveis ou contrários a aprovação de uma medida. Banzhaf (1965, 1968) também trabalhou nesta linha, porém com uma abordagem matematicamente mais simples do que o trabalho de Shapley-Shubik (1954). Com base nisto os “Jogos de Votação” passaram a possuir solução, com uma limitação importante para sua aplicação, pois os modelos propostos são dificilmente aplicados quando o conjunto de jogadores é numeroso.

Aspectos inerentes aos Métodos de Apoio a Decisão Multicritério (*Multiple Criteria Decision Making* - MCDM) correspondem a importante vertente dos problemas de alocação de recursos. Estes problemas devem ser tratado sob o aspecto multicriterial, dada sua natureza complexa. A alocação de recursos deve considerar, em primeiro lugar, o interesse do tomador de decisão (quem detém o recurso) e analisar de forma estritamente objetiva o problema em



suas múltiplas características, proporcionando resultados satisfatórios no futuro. Dentro da teoria dos métodos de apoio a decisão multicritério existem correntes que consideram alguns vieses, tais como: métodos baseados na análise da função de utilidade das alternativas (bastante comum nos métodos da escola americana), métodos baseados em funções de compromisso e os métodos de sobreposição ou *outranking*. Os modelos possuem suas similaridades e especificidades. Neste contexto da tomada de decisão, em comum, todos os modelos buscam de alguma forma, mensurar o desempenho do conjunto de alternativas, para posteriormente classificá-las de acordo com seu desempenho auferido no grupo (POMEROL; BARBAROMERO, 2000).

O terceiro foco desta pesquisa versa sobre a avaliação técnica do desempenho das alternativas participantes do processo de decisão. A avaliação de desempenho busca desenvolver um processo claro de formação de um conceito referente à performance das organizações avaliadas. Neste processo é preciso quantificar o desempenho, na forma de indicadores, para que em fase posterior, os agentes na tomada de decisão, formulem um juízo de valor sobre a condição caracterizada. Neely et al. (1996) destacaram a importância do processo de decisão em ambientes corporativos, bem como sua simplificação no processo de tomada de decisão. Neely e Adams (2005) complementam afirmando que o processo deve ser desenvolvido a fim de conciliar todos os interesses dos usuários da informação de forma operacional. Estes autores ainda destacam a possibilidade gerencial de organizações quando se mensura seu desempenho.

A presente pesquisa fundamenta-se nestes enfoques teóricos, mediante apelos matemáticos fortes (Teoria dos Jogos e Métodos de Apoio à Decisão Multicritério), aspectos operacionais e aplicação do processo (avaliação técnica de desempenho). A problematização e o problema da pesquisa são descritos a seguir.

## 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

O sistema de hospitais voltados para, além da prestação de serviços de saúde, atividades de ensino de futuros médicos, possui importância ímpar na estrutura do sistema nacional de saúde. Sua relevância, segundo Medici (2001) e Bonacin e Araújo (2011) decorre da natureza voltada aos atendimentos e realização de procedimentos de alta tecnologia e complexidade. Assim, com o objetivo de melhorar a estrutura dos Hospitais Universitários (HUs) vinculados

às Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) do Brasil, o governo federal, por meio do Decreto nº 7.082 de 27 de janeiro de 2010, criou o Programa de Reestruturação dos Hospitais Universitários Federais – REHUF. Este programa busca alocar recursos destinados ao custeio de ampliações, reformas ou compra de equipamentos de alta tecnologia, por parte dos hospitais.

Para receber os recursos referentes ao programa, o HU interessado deve encaminhar um plano de reestruturação ao Ministério da Educação, e este em convênio com o Ministério da Saúde aloca um montante para a execução do projeto. A distribuição dos recursos, segundo a Portaria nº 538 de 14 de junho de 2013 do Ministério da Educação, leva em consideração o desempenho operacional do hospital, bem como seu porte. Segundo esta portaria, os objetivos da matriz de distribuição de recursos são basicamente dois, além da distribuição dos recursos. O primeiro é melhorar o sistema de gestão dos HUs por meio da análise do desempenho operacional utilizando indicadores, e o segundo é a internalização dos efeitos de uma má gestão dos HUs, dados pela perda de recursos.

O modelo adotado pela matriz de distribuição de recursos avalia o desempenho dos HUs por meio de 16 indicadores oriundos de quatro dimensões: cinco indicadores da dimensão Perfil e Porte, três indicadores da dimensão de Gestão, cinco indicadores da dimensão de Ensino e Pesquisa, e três indicadores da dimensão de Integração com o SUS. Cada indicador é obtido por meio de informações brutas e em sequência é adaptado de acordo com um conjunto de regras de transformação. O desempenho geral é obtido considerando a média ponderada dos indicadores por dimensão e das dimensões de forma geral.

Dentro desta perspectiva alguns questionamentos podem ser lançados quanto à efetividade da matriz de distribuição de recursos do REHUF. Nitidamente o modelo de decisão é constituído por um conjunto de quatro critérios, denominados pela portaria como dimensões, que são melhor compreendidos dentro de uma perspectiva teórica. A avaliação de desempenho, segundo Kaplan e Norton (1992), Neely e Adams (2005) e Cunha e Correa (2013) é um instrumento estratégico, que privilegia o estudo do setor como um todo. Papanicolas et al. (2013) defendem algumas perspectivas para o sistema de avaliação de desempenho que não seja simplesmente a comparação de indicadores. É preciso segundo os autores, buscar por novas métricas de avaliação e buscar métodos mais robustos para a avaliação do desempenho.

Trabalhos como Kontodimopoulos e Niakas (2005), Linna, Häkkinen e Magnussen (2006), Magnussen e Nyland (2008), O’Neill et al. (2008), Özgen e Şahin (2010), Gholami, Higón e Emrouznejad (2015), estudaram a aplicação do modelo de *Data Envelopment Analysis* (DEA) na avaliação do desempenho hospitalar. Estes trabalhos apresentam por objetivo a identificação da eficiência quanto ao gerenciamento dos recursos. Entretanto o modelo DEA

necessita de maior esforço para aplicação, pois este não considera diretamente o fator tamanho como parte importante do processo de tomada de decisão, o que implicaria na utilização de modelos com restrição aos pesos ou com a formação de *clusters*.

É possível destacar o conjunto de Métodos de Apoio a Decisão Multicritério por permitirem a análise no contexto geral do desempenho dos HUs. Tem-se por base a comparabilidade entre diferentes organizações, ponderando a importância de cada um dos HUs para o sistema. Assim elabora-se um *score* de importância do desempenho para cada HU, comparando-o com os demais. Alguns autores defendem a existência de quatro tipos de problemas onde podem ser aplicados os métodos multicritério, são eles: Escolha (Problema  $P.\alpha$ ), Classificação (Problema  $P.\beta$ ), *Ranking* (Problema  $P.\gamma$ ) e Descrição (Problema  $P.\delta$ ) (ROY, 1996; POMEROL, BARBA-ROMERO, 2000; TZENG, HUANG, 2011). Considerando esta segregação é possível enquadrar esta pesquisa como um problema de *Ranking*, quando considerada a necessidade de mensuração do desempenho. Entretanto, Nepomuceno e Costa (2015) estabelecem a existência de outra categoria denominada Partilha (Problema  $P.\sigma$ ), onde existem recursos escassos que devem ser distribuídos para o conjunto de alternativas. Neste contexto, esta classificação pode ser utilizada para melhor tipificar o problema de distribuição como um todo. Isso ocorre, pois todos os HUs, devem receber algum montante de investimento do REHUF, de acordo com seu desempenho frente às demais organizações analisadas. Ainda deve-se considerar que os hospitais com maior desempenho, recebem maior montante.

Os MCDMs podem ser classificados ainda quanto às suas bases teóricas de construção. Destacam-se três fortes grupos conforme Tzeng e Huang (2011): modelos baseados na avaliação da utilidade das alternativas, os modelos baseados na comparação de cenários ideais ou modelos de programação por compromisso, e os modelos de sobreposição ou *outranking*. Destaca-se para este trabalho os seguintes métodos associados a cada conjunto de modelos: do primeiro conjunto destaca-se o método *Trade-Off Decision Analysis* (T-ODA). Do segundo conjunto os métodos *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS) e *Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje* (VIKOR). Do terceiro conjunto de métodos tem-se *Preference Rankings Organization METHod for Enrichment Evaluations* PROMETHEE II).

Considerando o desempenho mensurado, o problema ganha um segundo enfoque, a destinação das verbas para cada hospital. Considerando o grau de formalização apresentado pela portaria de distribuição de recursos, é possível a complementação do sistema de distribuição, considerando o desempenho como principal instrumento de avaliação. Segundo a matriz de alocação de recursos, a distribuição deve ser realizada por meio da contribuição

proporcional ao desempenho total do conjunto de hospitais. Teóricos da Teoria dos Jogos, como Banzhaf (1965), destacam que a distribuição proporcional de recursos não é justa. A afirmativa do autor corrobora com os modelos descritos por Shapley (1953) e Shapley e Shubik (1954) na distribuição de recursos entre grupos de cooperação de jogadores, doravante chamadas coalizões. Sobre este enfoque, o modelo de distribuição de recursos que pretende-se construir nesta tese, não busca avaliar a proporção do desempenho de um HU em comparação ao conjunto, mas mensurar o grau de contribuição que um HU fornece frente ao cenário a qual ele está inserido. A este caso, segundo Laruelle e Valenciano (2001, 2002, 2003 e 2005), González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010), entre outros estudos, pode ser associado os *Weighted Majority Games* (Jogos de Maioria Ponderada), ou ainda *Voting Problems* (Problemas de Votação), onde cada jogador/eleitor possui um número de votos específicos associados a ele e a coalizão que somar maioria dos votos torna-se a vencedora.

Os trabalhos de Shapley e Shubik (1954) e Banzhaf (1965,1968) destacam-se pela construção de um índice de poder de forma seminal, que seria o grau de contribuição que o jogador/eleitor possui junto à câmara de votação analisada. Os Índices de Poder consideram o poder de decisão de cada eleitor, e sobre este poder de decisão é que a presente tese se fundamenta. Assume-se para tanto que a distribuição de recursos não pode ser proporcional ao desempenho e sim ao poder que cada hospital possui no conjunto, utilizando o desempenho como fator de ponderação. Desta forma, é possível enunciar o problema de pesquisa norteador desta tese, feito a seguir.

## 1.2 PROBLEMA DA PESQUISA

Anuncia-se então a questão de pesquisa como:

Como os *Voting Games*, por meio dos Índices de Poder de Shapley-Shubik e Banzhaf, pode ser aplicada a problemas de alocação de recursos com base no desempenho, especificamente no caso dos Hospitais participantes do REHUF?

### 1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Com base no problema de pesquisa é possível formular seu objetivo geral, bem como seus objetivos específicos. A construção dos objetivos específicos realizou-se de forma que o processo de satisfação dos mesmos culmine com a satisfação do objetivo geral.

#### 1.3.1 Objetivo Geral da Pesquisa

Modelar a conciliação dos *Voting Games*, por meio dos Índices de Poder de Shapley-Shubik e Banzhaf, aos problemas de alocação de recursos com base no desempenho para Hospitais Universitários participantes do REHUF.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos da Pesquisa

- a) Mensurar o desempenho dos Hospitais Universitários Federais, utilizando o método de hierarquização baseado na utilidade da alternativa, *Trade-Off Decision Analysis* (T-ODA), aos dados do REHUF.
- b) Mensurar o desempenho dos Hospitais Universitários, utilizando os métodos baseados na função de compromisso, TOPSIS e VIKOR, aos dados do REHUF.
- c) Mensurar o desempenho dos Hospitais Universitários, utilizando o método de hierarquização por sobreposição, PROMETHEE II, aos dados do REHUF.
- d) Estabelecer os Índices de Poder de cada Hospital Universitário Federal segundo seu desempenho (considerando cada método de mensuração de desempenho), utilizando os índices de Shapley-Shubik e Banzhaf estimados por simulação.
- e) Determinar a distribuição dos recursos, com base nos Índices de Poder de cada Hospital Universitário Federal, comparando-a com o estabelecido pela portaria nº538/2013.

## 1.4 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A justificativa desta pesquisa se fundamenta em três aspectos, sendo eles: Contribuição Científica, Não Trivialidade e Originalidade. Estes alicerces fornecem caracterização necessária para que este trabalho seja considerado uma Tese. Existe ainda a justificativa quanto à contribuição social do trabalho, sendo uma condição dispensável para a academia, entretanto este trabalho também contribui fortemente para este paradigma.

No que tange a contribuição científica do trabalho, destacam-se duas características latentes: (i) a contribuição pelo estudo de instrumentos de mensuração do desempenho em hospitais dada pela aplicação de Métodos de Apoio a Decisão Multicritério; e (ii) a conciliação entre mensuração de desempenho e sua utilização como fator de ponderação para a distribuição de poder entre as alternativas analisadas.

Quanto a contribuição dada pelas formas de mensuração do desempenho em organizações hospitalares, este estudo corrobora com Papanicolas et al. (2013) que estabeleceram problemáticas para futuras pesquisas em gestão hospitalar, dentre elas o estudo de outras formas de mensuração de desempenho. Outros trabalhos como Kontodimopoulos e Niakas (2005), Linna, Häkkinen e Magnussen (2006), Magnussen e Nyland (2008), O’Neill et al. (2008), Özgen e Şahin (2010), Gholami, Higón e Emrouznejad (2015) aplicaram como forma de mensuração do desempenho técnico, os modelos DEA em casos hospitalares. Cabe destacar Lins et al. (2007) e Lobo et al. (2010) que também estudaram a aplicação de modelos DEA na avaliação de HUs brasileiros, tendo uma diretriz mais próxima ao que foi estabelecido pela portaria do MEC (Brasil, 2013). Estes dois últimos trabalhos também tiveram uma especial preocupação na relação do montante investido e o tamanho do hospital. Esta Tese contribui com o estudo de outro conjunto de métodos, MCDM, aplicados na mensuração do desempenho para a gestão hospitalar. Acredita-se, com base em Roy (1996), Pomerol e Barba-Romero (2000) e Tzeng, Huang (2011), que os Métodos de Apoio a Decisão Multicritério permitem a avaliação com maior foco no processo de gestão dos HUs, haja vista que maioria dos métodos se fundamenta fortemente na comparação direta entre as alternativas.

A contribuição científica mais forte do trabalho é quanto o hibridismo da abordagem. Têm-se em vista a conciliação do desempenho como fator de ponderação para um sistema de votação. Costumeiramente os estudos envolvendo Índice de Poder, principalmente os de Shapley-Shubik e Banzhaf, aplicam o modelo apenas em comissões de votação, o que limita sua aplicabilidade. Esta perspectiva pode ser conferida, tanto nos trabalhos seminais Shapley,

Shubik (1954), Banzhaf (1965, 1968), como em aplicações diversas, por exemplo, Dubey e Shapley (1979), Felsenthal e Machover (1997), Bindseil e Hantke (1997), Aleskerov et al. (2002), Bilbao et al. (2002), Laruelle e Valenciano (2002), Jelnov e Tauman (2014), entre outros. O caso mais analisado dentro destas pesquisas é a distribuição de poder entre os países da União Europeia no conselho de ministros deste bloco. Ampliando o foco para estudos que trataram da Teoria dos Jogos com o objetivo de mensuração do desempenho, pode-se destacar Kroenke e Wilhelm (2014), que abordaram a avaliação do desempenho econômico e financeiro de empresas por meio de Jogos *fuzzy*. Acredita-se portanto, que o presente trabalho contribui para a ciência ao pensar o poder das alternativas, em um sistema de avaliação de desempenho, como uma associação direta de seu desempenho frente ao grupo.

Considerando a justificativa do estudo quanto a não trivialidade, faz-se necessário perceber as contribuições para com três áreas da pesquisa científica. Inicialmente quanto a contribuição dada a temática da avaliação do desempenho em hospitais, o estudo se mostra não trivial pela necessidade de novas formas de mensuração, conforme defendido por Papanicolas et al. (2013). Compreender o processo de avaliação do desempenho e a mensuração do mesmo, segundo Neely e Adams (2005), é de fundamental importância para o gerenciamento de uma organização, independentemente de seu segmento de atuação. Os Métodos de Apoio a Decisão Multicritério, figuram como outra importante contribuição para a não trivialidade do estudo, visto que o cenário de decisão por múltiplos atributos, por si só, é complexo. Assim o estudo cumpre um papel de relevância quando busca estudar três fortes construções teóricas, segundo Tzeng e Huang (2011), do conjunto de métodos de decisão multicritério. A saber, são: métodos baseados na avaliação da utilidade das alternativas, métodos baseados na função de compromisso ou cenários ideias e por fim nos métodos de sobreclassificação ou *outranking*. A Teoria dos Jogos como um todo, já destacada por von Neumann e Morgenstern (1944), Nash (1950a, 1950b), Shapley (1953), Luce e Raiffa (1957), Myerson (1997), entre tantos outros trabalhos, se consagra como um estudo em si relevante. Estudar um grupo de problemas de jogos torna este trabalho mais específico e com foco na operacionalização de sua aplicação em ambientes reais. Até este estudo, os Índices de Poder eram aplicados, costumeiramente, a casos estritamente de votação, e nesta pesquisa o objetivo é a construção de um sistema de distribuição de recursos onde os votos não são mais um coeficiente de decisão e sim uma medida de desempenho associada a importância do ator analisado.

Cabe destacar, paralelamente as demais considerações, que outro fator que confirma a não trivialidade está ligada a complexidade da construção dos Índices de Poder para grandes comissões eleitorais. Ao se analisar, por exemplo, uma comissão de votação com 20 eleitores,

para se obter o Índice de Shapley-Shubik de cada um dos membros é preciso analisar aproximadamente  $20! = 2,43 \times 10^{18}$  combinações de votos. Assim como para a estimação do Índice de Banzhaf, considerando o mesmo comitê, o número de coalizões analisadas é de  $2^{20} = 1.048.576$ . Desta maneira, alguns estudos, como Leech (2003), Fatima et al. (2008) descrevem métodos de aproximação destes valores. Edelman (2004) apresenta uma estimativa analítica para os índices. Por outro lado, a solução ainda utilizada em pesquisas é a aplicação de Modelos de Monte Carlo, como o proposto por Shapley (1960). Desta forma, este estudo ganha em complexidade na aplicação, pois descreve um modelo que simulação adaptado a esta realidade.

A terceira justificativa acadêmica do estudo tange a originalidade. O trabalho apresenta a composição de três construções teóricas para a obtenção de uma solução à problemas de alocação de recursos. O primeiro ponto da originalidade do trabalho, considerando pesquisas como Jelnov e Tauman (2014), é a busca por um cenário de aplicação, distinto aos sistemas de votação, para os Índices de Poder. Além do mais, este estudo utiliza, em caráter de ineditismo, o Índice de Poder como um fator de distribuição de recursos e não simplesmente como uma forma de aferição de uma medida de importância, como destacado por Bindseil e Hantke (1997), Felsenthal e Machover (1997) Aleskerov et al. (2002), Bilbao et al. (2002), Swarts (2011), Jelnov e Tauman (2014) entre outros. Trabalhos como os referidos, utilizaram os índices de poder considerando apenas a ponderação como o número de votos  $p_i$  a qual cada ator tem direito em um conselho. Esta tese por sua vez, se utiliza do desempenho, mensurado por Métodos de Apoio a Decisão Multicritério como fator de ponderação, além da utilização de três conjuntos de métodos distintos a serem aplicados. Assim o sistema de distribuição satisfaz a conclusão de Banzhaf (1965) de que a distribuição de recursos feita de forma proporcional gera, muito possivelmente, injustiças no processo. Outro ponto de originalidade é quanto à natureza do problema, levando em consideração a aplicação de recursos em HUs. Esta temática consegue alinhar um fator de originalidade do trabalho a outro campo de contribuição que é a social.

Desta forma, verifica-se o cumprimento de três fundamentos básicos inerentes a pesquisa acadêmica, contribuição científica, não trivialidade e originalidade. É possível ainda apresentar a contribuição social da pesquisa, considerando que o campo de estudo onde o modelo é proposto possui conexão direta e forte com o contexto social. Trabalhos como Medici (2001), Machado e Kuchenbecker (2007) e Bonacim e Araújo (2009) destacam a importância social dos HUs considerando seu perfil de atendimento como de alta e média complexidade dentro do contexto social que estão inseridos. Se o modelo de avaliação do desempenho contribui para a gestão de desempenho dos HUs, como pretende a portaria de distribuição de recursos, a contribuição social do estudo está na perspectiva de melhoria do processo de gestão



dos hospitais. O que consequentemente melhoraria o desempenho dos serviços prestados à população.

## 1.5 TESE

A Teoria dos Jogos desde sua concepção teórica dada principalmente por Von Neumann e Morgenstern (1944) vislumbrou grande perspectiva de aplicação para ambientes naturalmente competitivos. Sua ideia inicial lança luz sobre a perspectiva da competição irrestrita entre os jogadores e que os ganhos de um jogador implicam nas perdas dos demais. Nash (1950a) destaca que o ambiente competitivo pode apresentar ganhos não opostos entre jogadores, e que as estratégias de um jogador deveriam estar pautadas na estratégia de seu adversário. No trabalho de Nash (1950b) há o contraponto desta perspectiva, havendo para o autor a possibilidade de cooperação entre os jogadores, possibilitando assim acordos que maximizem os ganhos totais.

A ideia dos Jogos Cooperativos tomou corpo com a publicação do trabalho de Nash (1950b), no qual o autor descreve bases teóricas que construíram o conceito de Jogos, ou Problemas de Barganha. Outra corrente teórica, caracterizada como Jogos de Transferência de Utilidade (GONZÁLEZ-DÍAZ; GARCÍA-JURADO; FIESTRAS-JANEIRO, 2010), define a ideia de distribuição de ganhos obtidos com uma coalizão vencedora, o grupo cooperante de jogadores vence no conjunto. Segundo González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010) a distribuição de recursos, quando da formação de uma coalizão, deve ser estabelecida com base em três princípios: justiça, equidade segundo a utilidade, e contribuição para com sua coalizão.

Neste contexto Shapley (1953), sobre uma percepção axiomática própria, formula a distribuição ponderando a contribuição dada por um jogador em todo o conjunto de sub-coalizões possíveis a qual ele poderá participar. Este indicador chamado Valor de Shapley, ganhou reconhecimento junto a teóricos da área e forneceu contribuições para trabalhos de Roth e Verrecchia (1979) e posteriormente Bezerra, Grande e Silva (2009), aplicados na distribuição de custos em setores internos de uma empresa.

Dentro da Teoria dos Jogos, os Jogos de Votação, ou Problemas de Votação, são continuamente estudados desde a origem da literatura de jogos. Von Neumann e Morgenstern (1944) já dedicaram em seu trabalho um espaço para esta discussão. As problemáticas

envolvendo a distribuição de poder em sistemas de votação geraram alguns modelos de alocação de poder, podendo ser destacados como principais modelos, o Índice de Poder de Shapley-Shubik (SHAPLEY; SHUBIK, 1954) e o Índice de Poder de Banzhaf (BANZHAF; 1965, 1968). Em ambos os métodos, a preocupação está sobre a categoria de votação em comissões eleitorais, considerando comissões onde cada jogador/eleitor possui uma fração de votos a ele destinado. Trabalhos como Laruelle e Valenciano (2001, 2002, 2003, 2005) caracterizam o cenário de decisão por votação, e de maneira geral conseguem estabelecer o que denomina-se de *Weighted Majority Games* ou Jogos de Maioria Ponderada, onde em um comitê, cada jogador possui uma parcela de votos e uma regra de votação que define a cota de aprovação ou reprovação de uma proposta.

A lacuna dentro deste panorama permite o questionamento de qual a possibilidade do desempenho ser o fator de ponderação de um sistema de votação. O desempenho pode ser entendido como um *score* que sintetize uma característica latente de uma entidade/organização, e quando avaliada no conjunto, este mostraria preferência ou indiferença de uma organização sobre as demais.

Assim, sobre esta perspectiva os Métodos de Apoio a Decisão Multicritério permitem, baseado em Roy (1996), Pomerol e Barba-Romero (2000), Tzeng e Huang (2011), entre outros, a avaliação do desempenho que ponderaria a importância de uma organização perante seu ambiente competitivo. Considerando a caracterização dos problemas, onde se aplicam os Modelos de Apoio a Decisão Multicritério, Nepomuceno e Costa (2015) verificaram que a natureza do problema de mensuração do desempenho é *ranking*.

Sobre este enfoque, e considerando o ambiente de aplicação descrito, enuncia-se a tese da pesquisa como: A solução de *Voting Games*, por meio dos Índices de Poder (Shapley-Shubik e Banzhaf) agregados a Modelos de Apoio a Decisão Multicritério na mensuração do desempenho, permitem a alocação de recursos, pautada na justiça e equidade, com base na performance.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho se divide em sete capítulos estruturados para o melhor entendimento da pesquisa. O primeiro capítulo destina-se a introdução do estudo onde foram apresentados o problema de pesquisa, os objetivos geral e específicos, e o anúncio da tese. Junto a este capítulo

há a justificativa do trabalho onde foram apresentados os parâmetros que a sedimentam como uma pesquisa de cunho científico.

O segundo capítulo é destinado à fundamentação teórica, neste são descritos os marcos conceituais das três áreas a qual o trabalho se refere, Avaliação do Desempenho Operacional em Hospitais, Métodos de Apoio a Decisão Multicritério e *Voting Problems* na Teoria dos Jogos. Sobre a Avaliação do Desempenho Operacional em Hospitais o texto é construído de forma a entender o que é o processo de avaliação do desempenho, características e implicações, como se deu a aplicação desta perspectiva em hospitais, em especial os de ensino e principalmente como funciona o sistema de distribuição de recursos do Programa de Reestruturação dos Hospitais Universitários Federais (REHUF). Para os Métodos de Apoio a Decisão Multicritério são caracterizados os problemas de decisão e a motivação da problemática estudada ser voltada a um problema de *ranking*. Também são descritas as três vertentes de MCDM, e em especial os modelos utilizados para este estudo, a saber T-ODA, TOPSIS, VIKOR e PROMETHEE II. Dos fundamentos teóricos mais marcantes desta tese, destaca-se a Teoria dos Jogos como ator principal que é apresentada em uma terceira seção. Nesta descreve-se uma trajetória epistemológica da teoria, culminando nos Jogos de Votação e na descrição dos índices de poder. São apresentadas as principais estruturas conceituais e a descrição axiomática dos modelos.

Com o intuito de operacionalizar a pesquisa, o capítulo três descreve entre outras coisas a caracterização metodológica da pesquisa, a descrição detalhada do processo de investigação, a coleta e análise dos dados. Está descrito também neste capítulo a construção do modelo de simulação de Monte Carlo para a mensuração dos índices de poder, bem como aspectos inerentes aos modelos diretamente aplicados.

No capítulo quatro são apresentados os resultados da pesquisa de acordo com os cinco objetivos específicos a fim de respaldar os objetivos e solucionar o problema de pesquisa. A estrutura do capítulo é associada aos objetivos específicos da pesquisa, considerando inicialmente a mensuração do desempenho segundo os quatro métodos de análise multicritério, a construção das propostas de distribuição dos recursos e pôr fim a comparação com a distribuição oficial.

O último capítulo está destinado a descrição da conclusão da pesquisa, levando em consideração os resultados auferidos e a satisfação dos objetivos específicos para então responder ao objetivo geral, questão de pesquisa e comprovação da tese. Ainda neste capítulo são apresentadas as recomendações para pesquisas futuras.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Este capítulo é destinado a exposição dos três marcos teóricos que fundamentam a presente pesquisa. Como primeiro marco, será explanado sobre a Avaliação de Desempenho Operacional em Hospitais. Em um segundo momento, são apresentadas as construções teóricas referentes aos Métodos de Apoio a Decisão Multicritério. Por fim, constrói-se os artefatos necessários para a formulação dos Jogos de Votação na Teoria dos Jogos.

### 2.1 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL EM HOSPITAIS

A avaliação de desempenho trata-se de um processo de tomada de decisão onde o essencial é a formulação de um julgamento tendo por base o(s) aspecto(s) a ser(em) avaliado(s). Neely e Adams (2005, p. 42) destacam que “não é possível gerenciar o que não possível mensurar”. Ainda segundo os autores, um sistema de mensuração de desempenho deve considerar alguns aspectos importantes, sendo idealizado por eles como um prisma da avaliação do desempenho. São eles: satisfação do *stakeholder*, a contribuição do *stakeholder*, a estratégia, o processo e a capacidade. Entende-se por *stakeholder* todo usuário da informação gerada que tenha interesse e direito de acessar a informação.

Neely et al. (1996) investigaram empresas industriais que aplicaram um sistema de mensuração de desempenho robusto. O estudo foi realizado após a institucionalização da prática e verificou-se que as decisões da empresa ficaram mais fáceis de serem tomadas, além disso verificaram como a empresa estava em sua saúde financeira e operacional, pois nenhum dado obtido é irrelevante para os analistas. Desta maneira, a empresa se preocupa com a eliminação de conflitos de interesse em seu sistema de informação. Com este embasamento é possível perceber que um sistema de avaliação de desempenho, por meio de indicadores, precisa em primeiro lugar ser sintético e objetivo, fornecendo informações relevantes ao processo.

Historicamente, segundo Cunha e Corrêa (2013) o processo de avaliação de desempenho e produtividade começou com o advento da teoria positivista sobre a gestão das empresas. A corrente positiva destaca uma maior utilização de conceitos matemáticos na formulação de julgamentos generalistas dos aspectos avaliados. Tezza, Bornia e Vey (2010)

destacaram também que a concepção de relacionar medidas ao processo produtivo é anterior ao Século XIX quando artesões já conseguiam mensurar o custo de produção por trabalhador.

O processo de avaliação de desempenho por meio de mensuração por indicadores tornou-se amplamente estudado e com construções robustas em suas formulações. Pode-se citar um modelo muito difundido no meio acadêmico e empresarial: *Balanced Scorecard* de Kaplan e Norton (1992). Segundo os autores o sistema de medidas utilizadas na gestão das organizações deve ser formulado de acordo com a estratégia traçada pelos objetivos da empresa. Assim o sistema de mensuração forneceria apoio suficiente para a gestão alcançar suas metas. O que Kaplan e Norton (2006) chamam de alinhamento estratégico da gestão da empresa.

Considerando a perspectiva da avaliação do desempenho de empresas por meio da mensuração de indicadores voltados a gestão da organização, este estudo busca fornecer uma caracterização do processo de avaliação de desempenho em organizações, especificamente as hospitalares. Este ambiente deve levar em consideração diferentes aspectos, principalmente no que tange a constituição jurídica da organização. As seções seguintes tratam do processo de avaliação de desempenho dos hospitais, e também os critérios estabelecidos pelo Ministério da Educação (MEC) para a avaliação dos Hospitais Universitários Brasileiros.

### 2.1.1 Avaliação de Desempenho em Hospitais

Considerando o processo de avaliação de desempenho em hospitais, as pesquisas podem ser divididas em dois grupos; sendo um com destaque ao processo de avaliação de desempenho de uma forma abstrata, e outro destacando as pesquisas empíricas com base na avaliação de desempenho. A diferença entre estes conjuntos de pesquisas é justamente a abordagem das mesmas, sendo o primeiro grupo mais voltado as contribuições pela utilização de indicadores de desempenho na gestão de hospitais, enquanto o segundo grupo foca na descrição de resultados observados no sistema de saúde.

Um dos pontos mais discutidos é quanto à adaptação dos indicadores de desempenho utilizados no setor industrial para junto do setor hospitalar. Segundo Cunha e Corrêa (2013), não existe nenhum modelo geral e imutável de gerenciamento de organizações hospitalares, cada modelo deve ser concebido para adequado funcionamento do sistema. Knazik e Baker (2011) estudaram a modelagem de um sistema de avaliação de desempenho operacional e

verificaram também a importância da avaliação diferenciada entre setores de um mesmo hospital.

Desta maneira, esta seção descreve a complexidade existente na elaboração de um sistema de avaliação de desempenho voltado à gestão hospitalar. Considerando assim toda a complexidade do ambiente.

É importante destacar que os sistemas de saúde, em qualquer país do mundo deve considerar sua natureza de financiamento. Eldenburg e Krishnan (2003) destacaram a importância desta diferenciação. Segundo os autores, a gestão de hospitais públicos, ou que são financiados por impostos coletados pelo governo, tendem a utilizar índices que permitem avaliar a situação sobre cenários de recursos escassos. Hospitais filantrópicos tendem a utilizar indicadores de desempenho para manter-se sustentável financeiramente.

Schout e Novaes (2007) defendem que no sistema de saúde brasileiro, principalmente depois da implantação do Sistema Único de Saúde (SUS), popularizou-se a utilização de indicadores de gestão para hospitais. Entretanto, eles questionam a qualidade e confiabilidade dos mesmos. Ainda segundo os autores, existe uma lacuna a ser considerada entre a coleta das informações e a formulação dos indicadores, implicando no descrédito deste último.

Abordando um limiar distinto do investigado por Schout e Novaes (2007) e corroborando com o apresentado por Eldenburg e Krishnan (2003), Souza et al. (2010) discorrem sobre a importância de indicadores econômicos e financeiros em organizações hospitalares. Ao final, os autores destacaram um conjunto de 15 indicadores que fornecem informações importantes sobre a saúde financeira dos hospitais. É importante considerar o papel social dos hospitais, a prestação de um serviço de qualidade a população, entretanto deve haver sustentabilidade em suas finanças, pois dificuldades financeiras implicam diretamente na atividade fim. Bonacin e Araújo (2011) estudaram as implicações sobre os indicadores de desempenho econômico e financeiro quando ocorreram alterações de práticas operacionais das empresas. Os resultados confirmam a importância da análise dos indicadores de desempenho operacional, econômico e financeiro.

Papanicolas et al. (2013) destacaram as perspectivas de pesquisas voltadas ao desempenho organizacional dos hospitais. De acordo com os autores os estudos devem seguir as seguintes linhas: i) Modelos utilizados para comparações; ii) Métricas de desempenho; iii) Técnicas analíticas usadas para assegurar a comparabilidade do desempenho; e iv) Tirar políticas das inferências oriundas das comparações. Sobre estes aspectos é possível perceber, principalmente o ganho de modelos de avaliação de desempenho baseados em modelos analíticos.

O motivo da utilização de métodos que auxiliem a verificação do desempenho é garantir uma informação interessante aos usuários de modo que seja possível descrever o ambiente organizacional com o maior detalhamento possível. O principal modelo utilizado por pesquisas é a *Data Envelopment Analysis* (DEA), cujo principal objetivo é mensurar o desempenho de acordo com a comparação entre as unidades tomadoras de decisão. São numerosas as pesquisas que a utilizaram como ferramenta, entre elas é possível citar Kontodimopoulos e Niakas (2005), Linna, Hakkinen e Magnussen (2006), Lins et al. (2007), Magnussen e Nyland (2008), O'Neill et al. (2008), Vitikainen, Street e Linna (2009), Lobo et al. (2010), Özgen e Şahin (2010), Cunha e Corrêa (2013), Alonso, Clifton e Diaz-Fuentes (2015), Gholami, Higon e Emrouznejad (2015).

A importância do estudo da avaliação de desempenho em hospitais consiste em considerar sua estrutura complexa, levando em consideração prováveis implicações sociais. Destaca-se como vertente, a importância de estudos voltados a métodos de mensuração de desempenho, tais como o DEA, sendo nesta tese abordados ainda os Métodos de Apoio a Decisão Multicritério. Seguindo assim a perspectiva de pesquisas apresentadas por Papanicolas et al. (2013). Com o intuito de entender melhor o cenário que se aplicará a pesquisa, a seção seguinte trabalha com a descrição estrutural dos hospitais universitários, com maior atenção aos hospitais universitários federais brasileiros.

### 2.1.2 Caracterização Organizacional de Hospitais Universitários

Os hospitais no Brasil são caracterizados em três níveis: i) Públicos Municipais, Estaduais e Federais, sendo todos financiados com recursos governamentais; ii) Privados, podendo ser contratados e de entidades de classe, ou ainda filantrópicos; e por fim iii) Universitários, com foco em pesquisa e extensão (BONACIM; ARAÚJO, 2009). Medici (2001) define Hospitais Universitários (HUs) como instituições com as características: (a) por ser uma extensão do ambiente de ensino das faculdades da área de saúde; (b) por promover treinamento de estudantes do ensino superior ao exercício da medicina; (c) ter reconhecimento como instituto de ensino, tendo avaliação e acompanhamento direto de órgãos competentes; e (d) por fornecer atendimento de alta complexidade.

Sobre estes paradigmas, os HUs tornam-se de importância ímpar em toda a sociedade. Machado e Kuchenbecker (2007) destacam a importância dos HUs considerando diferentes

aspectos, entre eles as implicações sociais. Segundo os autores, os HUs são importantes centros de pesquisa e por isso fornecem serviços de excelência a população contemplada.

Algumas características distanciam ainda mais os HUs das demais organizações de saúde. Segundo Bonacim e Araújo (2009), os HUs, por serem centros de formação de médicos, precisam fornecer tecnologia de ponta para seus estudantes. Para eles, médicos-professores não estão preocupados com o custo gerado em seus atendimentos, mas sim, com a qualidade do diagnóstico e do tratamento. Os autores destacam ainda que em 2001, os HUs brasileiros corresponderam a aproximadamente 9% dos leitos oferecidos por todo o SUS.

Para os autores supracitados, os HUs possuem basicamente duas formas de investimento em estrutura e tecnologia. A primeira é conseguir superávit em um período para fazer os devidos investimentos no período seguinte. A segunda forma é conseguir recursos extras oriundos do governo federal. Esta segunda forma está geralmente ligada a projetos com finalidades estabelecidas, como implantação de laboratórios, reforma da estrutura, entre outras atividades.

Assim, o Ministério da Educação do Brasil, criou em 27 de Janeiro de 2010, por meio do decreto nº 7.082 o Programa de Reestruturação dos Hospitais Universitários do Brasil – REHUF. Neste decreto a Presidência da República estabelece um programa de financiamento para a reestruturação e reformulação dos Hospitais Universitários Federais ligados ao Sistema Único de Saúde. Neste contexto, o decreto ainda estabelece que o objetivo principal dos HUs é conciliar as práticas de Ensino, Pesquisa e Extensão, desde a formação de médicos que atenderão as unidades básicas de saúde, até a formação de Mestres e Doutores em Ciência Médica para trabalhar em Instituições de Ensino Superior.

Complementarmente a implantação do REHUF, o Ministério da Educação publicou em 14 de Junho de 2013 uma portaria onde estabelece os critérios de distribuição dos recursos para os HUs. Segundo o documento, o principal critério envolvido no processo é o desempenho operacional observado. Esta matriz de distribuição de recursos será descrita posteriormente.

Duas pesquisas, citadas anteriormente, descreveram a análise do desempenho de HUs no Brasil utilizando DEA como ferramenta de mensuração da performance. As pesquisas referidas são de Lins et al. (2007) e Lobo et al. (2010).

Lins et al. (2007) descreveram uma aplicação do modelo DEA para a distribuição dos recursos para um programa de reestruturação parecido com o que foi estabelecido pelo REHUF. Segundo os autores, o DEA gera um modelo que permite a realização desta distribuição. Os autores utilizaram dados do Sistema de Informação dos Hospitais Universitários Federais (SIHUF), utilizando cinco *inputs* no modelo, três *inputs* referentes à dimensão de assistência, um *input* da dimensão de ensino e um *input* da dimensão de pesquisa. Além disso, os autores



utilizaram oito *outputs*, sendo quatro *outputs* de assistência, dois *outputs* de ensino e dois *outputs* de pesquisa. O processo de modelagem se preocupou com a separação dos hospitais de acordo com o seu tamanho. Considerar a disparidade entre as instituições, quanto ao tamanho, é importante vista a necessidade de recursos por parte dos HUs. Por mais que um HU de grande porte possua a ineficiência como tendência, comparado a um de pequeno porte, ele necessita de maiores investimentos por conta, justamente, de seu porte.

Lobo et al. (2010) também estudaram o desempenho de HUs da rede federal de ensino, aplicando o modelo DEA. O objetivo do estudo foi mensurar o nível de integração entre os pilares do sistema de hospitais, ensino, pesquisa e extensão. Segundo os autores, acredita-se que o número de alunos de medicina que estudam em HUs pode aumentar em até 50% de acordo com o que vem sendo apresentado pelo conjunto de hospitais analisados. Além disso, os autores afirmam que é necessário para um estágio de eficiência, que o número de residentes aumente em 14%. Em suma os autores afirmam que o modelo DEA é conveniente para estudos sobre o desempenho de HUs.

Este estudo busca mensurar o desempenho de hospitais de acordo com indicadores de desempenho, próprios para o referido setor de atuação. Para isso são utilizadas ferramentas de Apoio a Decisão Multicritério. Se os métodos multicritérios possibilitam o ranqueamento de acordo com sua utilidade, ou correspondência a cenários ótimos ou por sobreposição, eles fornecem uma medida de superioridade de uma unidade de análise sobre a outra. Os indicadores utilizados serão os mesmos utilizados pela portaria do MEC e são descritos abaixo, juntamente com a estrutura de avaliação proposta.

### 2.1.3 Sistema de Distribuição de Recursos do REHUF

A Portaria nº 538, de 14 de junho de 2013, do Ministério da Educação (MEC), considerando o Programa de Reestruturação dos Hospitais Universitários (REHUF), estabeleceu diretrizes para a Distribuição de Recursos Financeiros aos Hospitais Universitários Federais. Segundo a portaria, este regimento busca, além de investigar por meio de indicadores hospitalares o desempenho dos HUs federais, implementar duas culturas nas administrações destas instituições. A primeira diz respeito aos benefícios que a gestão dos HUs teria quando da utilização dos indicadores de desempenho, implicando em significativas melhorias no processo de tomada de decisão nas organizações. A segunda estabelece punições para más

gestões hospitalares, hospitais com maior desempenho são favorecidos na distribuição. Ainda segundo o documento, a distribuição dos recursos utilizando a matriz estabelecida pela portaria, considera, além do seu desempenho, a sua capacidade e sua contribuição social, através do atendimento de beneficiários do Sistema Único de Saúde.

A seguir, descreve-se a matriz de distribuição conforme apresentado pela portaria. O sistema é composto por duas divisões, sendo a primeira destinada a descrição das dimensões de análise e a segunda destinada a descrição do sistema de distribuição propriamente dito.

As dimensões são separadas em quatro, sendo elas: (1) porte e perfil; (2) gestão; (3) ensino e pesquisa; e (4) integração com o SUS. Cada uma destas dimensões possui um conjunto de índices, associados a uma pontuação referente ao seu desempenho. Ao final se compõem uma média ponderada das avaliações por dimensão e obtém-se o valor de desempenho geral dos HUs.

A primeira dimensão analisada mensura as características de perfil e porte dos HUs. Esta dimensão é composta por cinco indicadores: (i) número de leitos ativos; (ii) número de leitos de UTI; (iii) partos de alto risco; (iv) salas de cirurgia; e (v) número de habilitações. Para cada um dos indicadores é determinado o valor observado (indicador bruto) e por fim aplica-se uma transformação gerando um indicador padronizado.

Número de leitos ativos mede a capacidade disponibilizada pelo HU durante o período de um ano. É definido como  $X_1 = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{12} X_{1,t}$ , onde  $X_{1,t}$  representa a média de leitos disponibilizados no mês  $t$ . A transformação deste indicador é dada pela equação abaixo e sua visualização geométrica é dada pelo Gráfico 1 da Figura 1:

$$I_1 = \begin{cases} 0 & \text{se } X_1 < 20 \\ \frac{X_1 + 10}{30} & \text{se } 20 \leq X_1 < 50 \\ \frac{X_1 + 150}{100} & \text{se } 50 \leq X_1 < 150 \\ \frac{X_1 + 300}{150} & \text{se } 150 \leq X_1 < 600 \\ 6 & \text{se } X_1 \geq 600 \end{cases}$$

O número de leitos de UTI mede a capacidade de o hospital analisado atender situações de alta complexidade. Sua gestão deve ser feita de maneira responsável, haja vista que estes leitos agregam maiores custos aos HUs. Seu indicador é definido como  $X_2 = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{12} X_{2,t}$ , onde  $X_{2,t}$  representa o número de leitos de UTI disponibilizados durante um mês de atividade. À este indicador aplica-se a seguinte transformação:

$$I_2 = \begin{cases} 0 & \text{se } X_2 < 1 \\ \frac{X_2 + 3}{4} & \text{se } 1 \leq X_2 < 5 \\ \frac{X_2 + 5}{5} & \text{se } 5 \leq X_2 < 10 \\ \frac{X_2 + 50}{20} & \text{se } 10 \leq X_2 < 70 \\ 6 & \text{se } X_2 \geq 70 \end{cases}$$

Esta transformação é descrita na Figura 1, Gráfico 2.

O número de partos de alto risco mede a capacidade que o hospital possui de efetuar procedimentos de parto de alta complexidade, sejam eles normais ou cesáreos. O indicador bruto é obtido pela média mensal de ocorrências, ou seja  $X_3 = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{12} X_{3,t}$ , onde  $X_{3,t}$  representa o número de partos desta natureza em cada um dos meses do ano. A transformação aplicada é definida como (ver Figura 1, Gráfico 3):

$$I_3 = \begin{cases} 0 & \text{se } X_3 < 1 \\ 2 & \text{se } 1 \leq X_3 < 75 \\ 4 & \text{se } X_3 \geq 75 \end{cases}$$

Salas de Cirurgia, é o indicador que caracteriza certa estrutura de retaguarda, haja vista que para o número de salas de cirurgia é necessário também salas de emergência e centros de apoio ao tratamento. A medida do indicador inicial é definida como  $X_4 = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{12} X_{4,t}$ , onde  $X_{4,t}$  representa o número médio de salas de cirurgia em funcionamento em cada mês. O índice transformado estabelece que:

$$I_4 = \begin{cases} 0 & \text{se } X_4 < 1 \\ \frac{X_4 + 1}{2} & \text{se } 1 \leq X_4 < 7 \\ \frac{X_4 + 13}{5} & \text{se } 7 \leq X_4 < 12 \\ \frac{X_4 + 18}{6} & \text{se } 12 \leq X_4 < 18 \\ 6 & \text{se } X_4 \geq 18 \end{cases}$$

Sua representação é dada também pela Figura 1, Gráfico 4

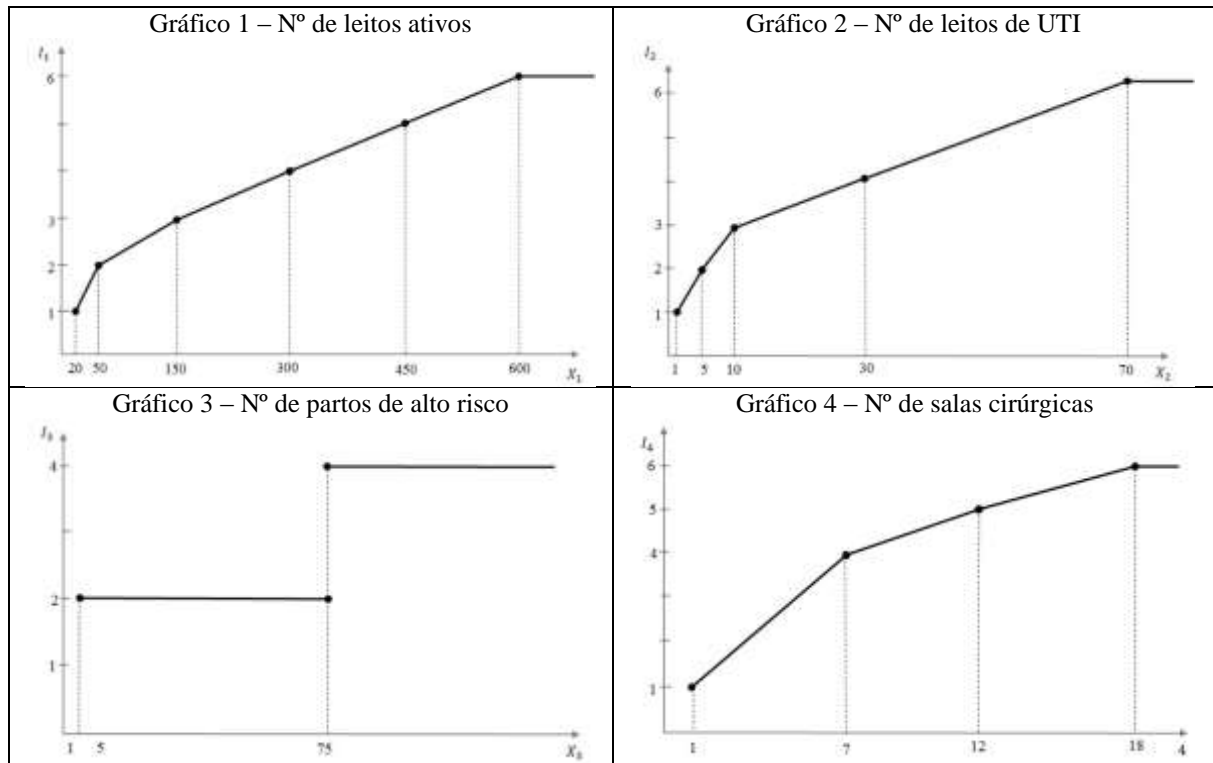
O último indicador que descreve o porte e o perfil do HU é o número de habilitações, que traz um foco mais qualitativo na descrição do porte e perfil dos hospitais, bem como mede o nível de integração do hospital com o SUS. O indicador primário descreve o número de habilitações de alta e média complexidade que o hospital obteve durante o ano. A transformação do indicador é definida como:

$$I_5 = \begin{cases} 0 & \text{se } X_5 < 1 \\ \frac{X_5 + 4}{5} & \text{se } 1 \leq X_5 < 6 \\ \frac{X_5 + 34}{20} & \text{se } 6 \leq X_5 < 26 \\ \frac{3X_5 - 39}{13} & \text{se } 26 \leq X_5 < 39 \\ 6 & \text{se } X_5 \geq 39 \end{cases}$$

Na Figura 1, Gráfico 5, a transformação é descrita em sua forma geométrica.

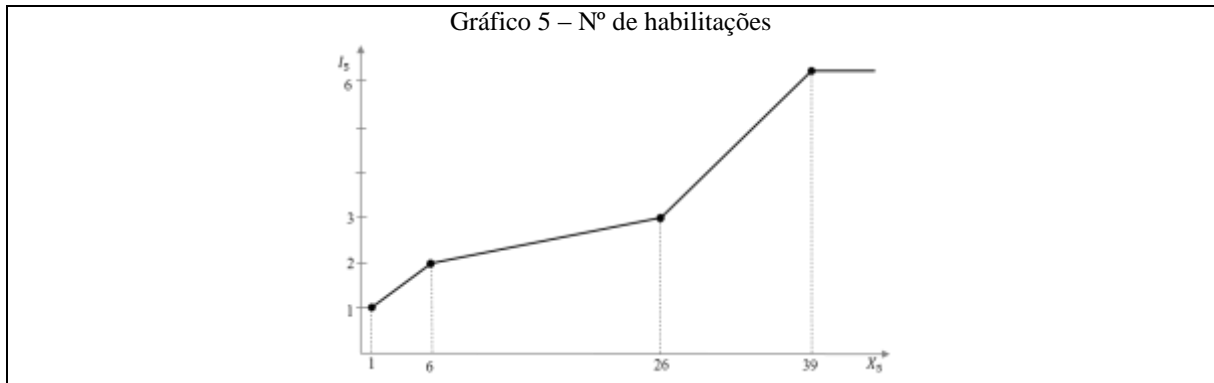
O índice geral de cada hospital  $h$  é definido como a média ponderada dos indicadores transformados, onde os pesos, ou fatores, de ponderação podem ser entendidos como a divisão do máximo valor de cada escala pela soma dos valores máximos. Assim, admitidos  $I_1^h, I_2^h, I_3^h, I_4^h$  e  $I_5^h$ , como índices transformados do hospital  $h$  e  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5 \geq 0$  de tal forma que  $\sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1$ , o índice de perfil e porte dos HUs é definido como  $X^h = \sum_{i=1}^5 \alpha_i I_i^h$ , sendo os pesos dados por  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_4 = \alpha_5 = \frac{6}{28} = \frac{3}{14}$  e  $\alpha_3 = \frac{4}{28} = \frac{1}{7}$ . A Figura 1, destaca os gráficos das transformações dos indicadores. Uma consideração importante é que a maioria dos indicadores obtidos tem transformação contínua.

**Figura 1 - Gráficos das regras de transformação para variáveis de Perfil e Porte**



Continua...

Continuação...



Fonte: Brasil (2013, p.14).

A segunda dimensão analisada busca quantificar o desempenho de acordo com a qualidade da gestão dos HUs. Esta dimensão é mensurada por meio de três indicadores: (i) taxa de ocupação hospitalar; (ii) taxa média de permanência; e (iii) número de funcionários por leito.

O primeiro indicador, taxa de ocupação hospitalar, é obtido considerando a seguinte fórmula  $Y_1 = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{12} Y_{1,t}$ . Nesta fórmula  $Y_{1,t} = 100 \frac{N_t}{L_t}$ , pode ser entendido como o  $N_t$  número de pacientes-dia observado no mês e  $L_t$  representa o número de leitos-dia disponíveis no mês  $t$ . Assim  $Y_1$  indica a taxa média de ocupação dos leitos dos HUs. A transformação adotada por este indicador é definida como (ver também o Gráfico 6 da Figura 2):

$$I_6 = \begin{cases} 0 & \text{se } Y_1 < 50 \\ \frac{Y_1 + 50}{10} & \text{se } 50 \leq Y_1 < 70 \\ 2 & \text{se } Y_1 \geq 70 \end{cases}$$

O segundo indicador, trabalha com o a taxa média de permanência, este indicador mede o fluxo de internações e altas que um hospital possui no período avaliado. O indicador inicial é obtido considerando  $Y_2 = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{12} \frac{N_t}{S_t}$ , onde  $N_t$  indica o número de pacientes-dia durante o mês  $t$  e  $S_t$  número de saídas no mês  $t$ . Existem duas transformações consideradas no modelo, uma para hospitais de especialidades ( $I_{7,a}$ ) e outra para maternidades ( $I_{7,b}$ ). A primeira é definida como:

$$I_{7,a} = \begin{cases} 0 & \text{se } Y_2 < 3 \\ \frac{Y_2 - 3}{0,65} & \text{se } 3 \leq Y_2 < 4,3 \\ 2 & \text{se } 4,3 \leq Y_2 < 7,4 \\ \frac{8,7 - Y_2}{0,65} & \text{se } 7,4 \leq Y_2 < 8,7 \\ 0 & \text{se } Y_2 \geq 8,7 \end{cases}$$

Para maternidades a transformação é definida por:

$$I_{7,b} = \begin{cases} 0 & \text{se } Y_2 < 2 \\ \frac{Y_2 - 2}{0,45} & \text{se } 2 \leq Y_2 < 2,9 \\ 2 & \text{se } 2,9 \leq Y_2 < 4,4 \\ \frac{5,3 - Y_2}{0,45} & \text{se } 4,4 \leq Y_2 < 5,3 \\ 0 & \text{se } Y_2 \geq 5,3 \end{cases}$$

Os gráficos destas transformações são os 7(a) e 7(b), respectivamente, da Figura 2.

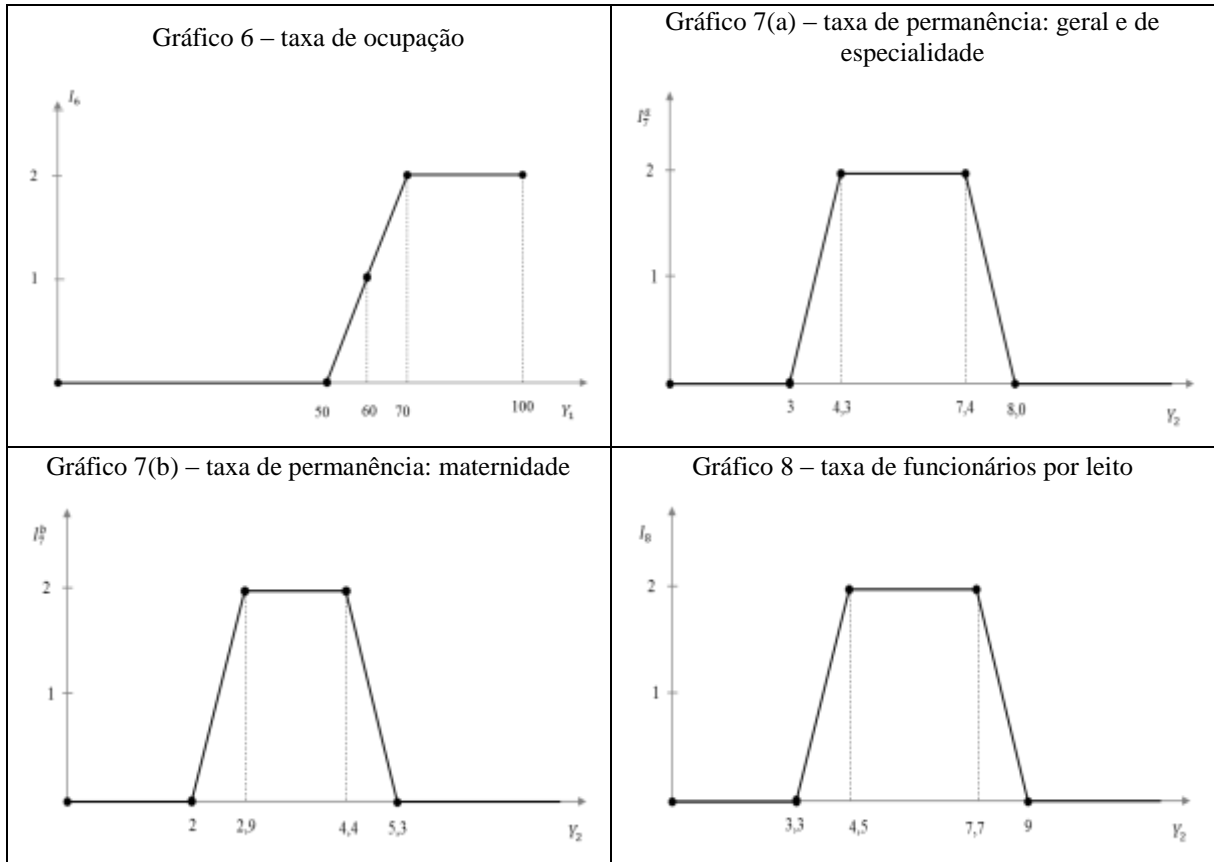
Ainda cabe considerar, segundo a portaria, o desempenho dos centros psiquiátricos onde, devido suas especificidades, a taxa de permanência não representa necessariamente a qualidade do serviço prestado pela unidade. Assim o documento estabelece que o indicador de taxa de ocupação seja arbitrariamente estabelecido como dois.

O terceiro e último indicador da dimensão de gestão diz respeito ao número de funcionários por leito. Este indicador, assim como o indicador anterior, deve considerar duas situações como prejudiciais, sendo a primeira o caso de poucos funcionários por leito, e a segunda referente ao excesso de funcionários por leito. Este indicador bruto é mensurado de acordo com a seguinte regra  $Y_3 = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{12} \frac{F_t}{L_t}$ , onde  $F_t$  representa o número de funcionários e  $L_t$  o número de leitos ativos no mês  $t$ . A transformação aplicada a este indicador é definida como:

$$I_8 = \begin{cases} 0 & \text{se } Y_3 < 3,3 \\ \frac{Y_3 - 3,3}{0,65} & \text{se } 3,3 \leq Y_3 < 4,6 \\ 2 & \text{se } 4,6 \leq Y_3 < 7,7 \\ \frac{9 - Y_3}{0,65} & \text{se } 7,7 \leq Y_3 < 9 \\ 0 & \text{se } Y_3 \geq 9 \end{cases}$$

A representação desta transformação é dada pelo Gráfico 8 da Figura 2.

O sistema de pesos para formação do indicador geral de desempenho na gestão é definido por meio da média aritmética dos indicadores transformados. Assim o indicador de desempenho pode ser estabelecido como  $Y^h = \frac{1}{3} \sum_{i=6}^8 I_i$ . Cabe destacar que  $I_7$  assume ou o valor  $I_{7,a}^h$  ou o valor  $I_{7,b}^h$ , para todo hospital  $h$ , ou ainda  $I_7^h = 2$  no caso de centros psiquiátricos. A Figura 2 mostra os gráficos das funções de transformação. É fácil perceber que estas funções de transformação são contínuas de acordo com sua concepção.

**Figura 2 - Gráficos das regras de transformação para variáveis de Gestão**

Fonte: Brasil (2013, p. 14).

A terceira dimensão analisada trata da gestão voltada aos resultados de ensino e pesquisa apresentado pelos HUs. São considerados cinco indicadores: (i) número de alunos por docente; (ii) número de docentes por residente; (iii) número de pesquisas por docente; (iv) número de internações por aluno de medicina; e (v) número de internações por residente.

O indicador de número de alunos por docente é dado pela variável primária definida, como a razão  $Z_1 = \frac{A}{D}$ , onde  $A$  destaca o número de alunos no ano e  $D$  o número de docentes no ano. A transformação adotada é:

$$I_9 = \begin{cases} 0 & \text{se } Z_1 < 4,9 \\ \frac{Z_1 - 2,6}{2,3} & \text{se } 4,9 \leq Z_1 < 7,2 \\ 2 & \text{se } 7,2 \leq Z_1 < 9,5 \\ \frac{14,1 - Z_1}{2,3} & \text{se } 9,5 \leq Z_1 < 11,8 \\ 0 & \text{se } Z_1 \geq 11,8 \end{cases}$$

O segundo indicador da dimensão de ensino e pesquisa trata do número de docentes por residente. O indicador bruto é mensurado considerando  $Z_2 = \frac{D}{R}$ , onde  $D$  representa o número de docentes e  $R$  representa o número de residentes no ano. A transformação é definida como:

$$I_{10} = \begin{cases} 0 & \text{se } Z_2 < 0,8 \\ \frac{Z_2 - 0,45}{0,35} & \text{se } 0,8 \leq Z_2 < 1,15 \\ 2 & \text{se } 1,15 \leq Z_2 < 1,5 \\ \frac{2,2 - Z_2}{0,35} & \text{se } 1,5 \leq Z_2 < 1,85 \\ 0 & \text{se } Z_2 \geq 1,85 \end{cases}$$

dada pelo Gráfico 10 da Figura 3.

O terceiro indicador definido como instrumento de análise do desempenho dos HUs é o número de pesquisas por docente. A forma de mensuração indica a taxa de pesquisas desenvolvidas por professor. O indicador bruto é mensurado considerando  $Z_3 = \frac{P}{D}$ , onde  $P$  denota o número de pesquisas e  $D$  o número de docentes. A portaria estabelece a seguinte transformação do indicador:

$$I_{11} = \begin{cases} 0 & \text{se } Z_3 < 0,6 \\ \frac{Z_3 - 0,2}{0,4} & \text{se } 0,6 \leq Z_3 < 1 \\ 2 & \text{se } Z_3 \geq 1 \end{cases}$$

representado geometricamente pelo Gráfico 11 da Figura 3.

O quarto indicador utilizado é o número de internações por aluno de medicina. Segundo a Portaria este indicador é importante por fornecer um parâmetro baseado na disponibilidade de atividades práticas que o aluno de medicina está exposto. Este indicador é formado considerando  $Z_4 = \frac{T}{M}$ , onde  $T$  representa o número de internações realizada no ano e  $M$  o número de alunos de medicina que desenvolveram alguma atividade no HU durante o ano. A transformação aplicada é a seguinte:

$$I_{12} = \begin{cases} 0 & \text{se } Z_4 < 9,7 \\ \frac{Z_4 - 27,4}{37,1} & \text{se } 9,7 \leq Z_4 < 46,8 \\ 2 & \text{se } Z_4 \geq 46,8 \end{cases}$$

associada ao Gráfico 12 da Figura 3.

O número de internações por residente é o quinto indicador utilizado na dimensão de ensino e pesquisa. Seu valor é mensurado de acordo com  $Z_5 = \frac{T}{R}$ , onde  $T$  é o número de internações por ano e  $R$  o número de residentes. O indicador transformado pode ser obtido considerando:

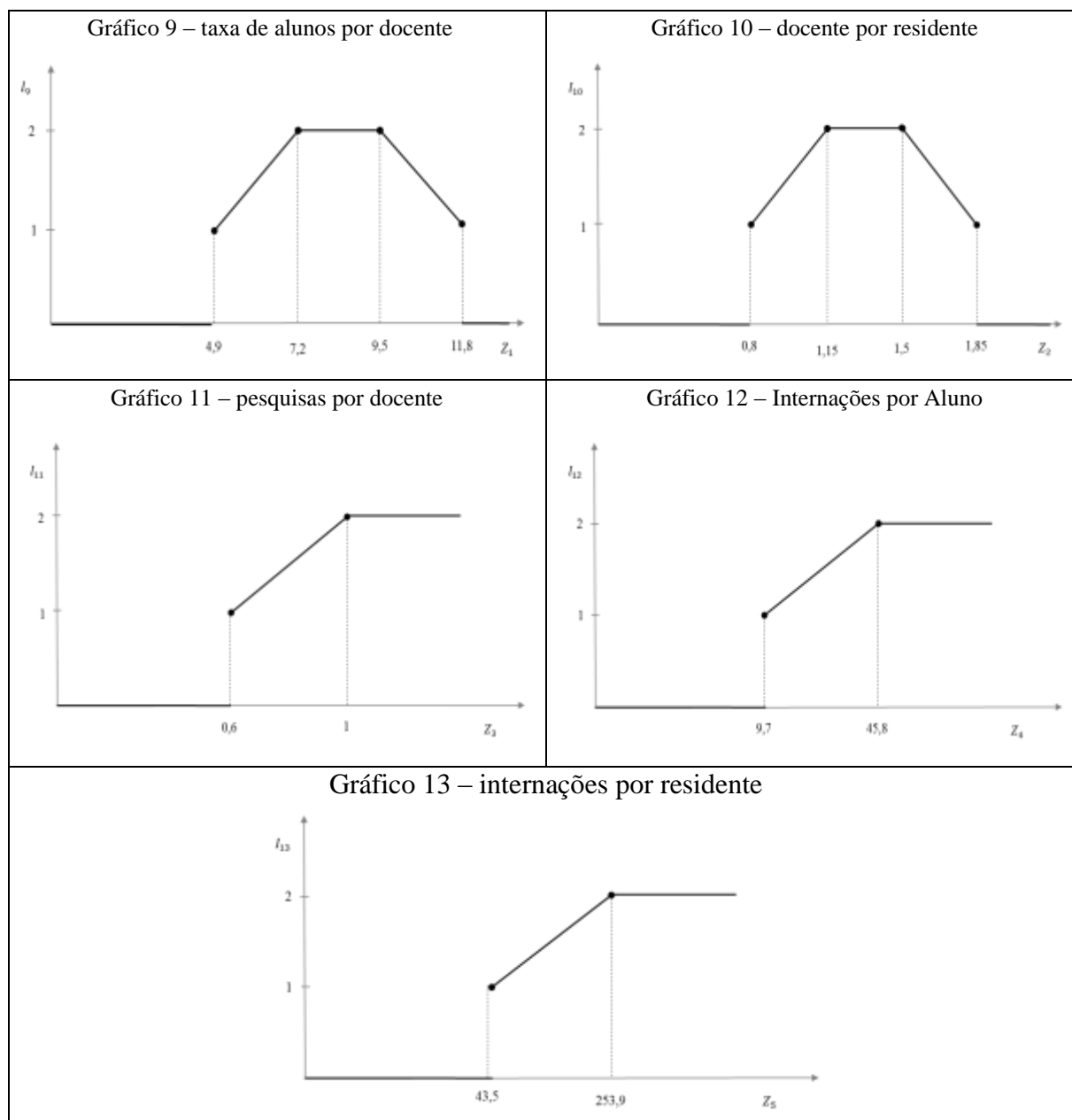
$$I_{13} = \begin{cases} 0 & \text{se } Z_5 < 43,6 \\ \frac{Z_5 - 27,4}{37,1} & \text{se } 43,6 \leq Z_5 < 163,9 \\ 2 & \text{se } Z_5 \geq 163,9 \end{cases}$$

Ele pode ser visualizado graficamente na Figura 3 Gráfico 13.



O indicador geral para esta dimensão de ensino e pesquisa é obtido, para cada hospital  $h$ , por meio da média aritmética dos indicadores  $I_9^h$ ,  $I_{10}^h$ ,  $I_{11}^h$ ,  $I_{12}^h$  e  $I_{13}^h$ . Os gráficos das funções de transformação para estes indicadores são apresentados na Figura 3.

**Figura 3 - Gráficos das regras de transformação para variáveis de Ensino**



Fonte: Brasil (2013, p. 14).

A última dimensão considera a integração entre o HU e o SUS. São utilizados pela matriz de distribuição de recursos três indicadores, sendo eles: (i) porta de entrada; (ii) contratualização; e (iii) número de habilitações. Esta terceira variável  $W_3$ , também já foi mensurada na dimensão de perfil e porte, onde se apresentava como  $X_5$ . Assim é possível assumir  $W_3 = X_5$ . As duas informações são fornecidas pelo SUS, sendo que para o indicador

de portas de entrada é considerado o seguinte sistema de pontuação: PA maternidade ( $W_1 = 0,5$ ); PA ( $W_1 = 1$ ); e PS ( $W_1 = 2$ ) (PA – Pronto Atendimento; PS – Pronto Socorro). Para o indicador de contratualização a pontuação é definida para a cada categoria como: Não ( $W_2 = 0$ ); Sim ( $W_2 = 2$ ). O indicador final é obtido por meio da média aritmética dos índices, considerando  $I_{14} = W_1$ ,  $I_{15} = W_2$ ,  $I_{16} = \frac{1}{3}I_5$ . Este último tem esta fórmula, pelo fato de que o índice  $I_5$  tem escala de 0 a 6 e os índices de integração do SUS são definidos na escala de 0 a 2.

Com base nos indicadores, o sistema de distribuição de recursos segue duas etapas. Na primeira etapa, onde são pré-distribuídos os recursos, o objetivo é dividir o montante a ser distribuído com base em cada dimensão de avaliação do desempenho. Na segunda etapa de distribuição de recursos, é feita uma reavaliação da alocação na dimensão de perfil e porte considerando a ponderação de porte, feita pelo número de leitos disponíveis. Este é um indicativo de que os modelos de alocação de recursos precisam considerar o tamanho como um forte indicativo para a distribuição, pelo fato de hospitais maiores necessitarem de maior volume de recursos para suportar suas atividades.

O processo de distribuição realizado na primeira etapa da avaliação considera: seja  $M$  o montante disponível para a distribuição e  $H$  o número total de hospitais. O montante que cada hospital receberá pode ser previamente descrito como  $M^h = (\pi_X^h + \pi_Y^h + \pi_Z^h + \pi_W^h)M$ , onde  $\pi_X^h, \pi_Y^h, \pi_Z^h, \pi_W^h \geq 0$  e também  $\pi_X^h + \pi_Y^h + \pi_Z^h + \pi_W^h = \pi^h$ , sendo  $\pi^h$  é a fração do montante que o hospital  $h$  irá receber. Para obter as frações de distribuição  $\pi^h$  ou as frações de distribuição por dimensão, considera-se inicialmente os indicadores transformados obtidos em cada dimensão sendo, para a dimensão perfil e porte  $X^h$ , para gestão  $Y^h$ , para ensino e pesquisa  $Z^h$  e integração com o SUS  $W^h$ . Estes indicadores foram definidos anteriormente quando abordados os indicadores por dimensão. Desta maneira, admite-se a pontuação geral obtida pelo conjunto completo de todos os hospitais:  $\Omega = \sum_{h=1}^H X^h + Y^h + Z^h + W^h$ . A fração de alocação de recursos pode ser dada na seguinte forma:  $\pi_X^h = \frac{X^h}{\Omega}$ ,  $\pi_Y^h = \frac{Y^h}{\Omega}$ ,  $\pi_Z^h = \frac{Z^h}{\Omega}$  e  $\pi_W^h = \frac{W^h}{\Omega}$ . É possível perceber que  $\pi^h = \pi_X^h + \pi_Y^h + \pi_Z^h + \pi_W^h = \frac{X^h + Y^h + Z^h + W^h}{\Omega}$ , ou seja, a margem de distribuição de recursos é a razão entre a pontuação total obtida pelo hospital e a pontuação geral definida como a soma das pontuações de todos os hospitais.

A segunda etapa como mencionado anteriormente, trata-se da reavaliação do montante distribuído na dimensão de perfil e porte. Considerando o montante alocado na referida dimensão, tem-se  $M_X = \sum_{h=1}^H \pi_X^h M$ . Considerando agora  $X^h = X_1^h + X_2^h + X_3^h + X_4^h + X_5^h$

como o total de pontos obtidos pelo hospital  $h$  na dimensão 1 e  $p_X^h = \frac{X^h}{\sum_{h=1}^H X^h}$  como a razão de participação do hospital  $h$  sobre o desempenho do conjunto de hospitais. Um novo sistema de alocação considera  $M_X$  obtido segundo a regra de distribuição  $M_X = \sum_{h=1}^H \omega_X^h M_X$ , onde  $\sum_{h=1}^H \omega_X^h = 1$  e  $\omega_X^h = \frac{p_X^h X_1^h}{\sum_{h=1}^H p_X^h X_1^h}$ , sabendo que  $X_1^h$  indica o número de leitos que o hospital  $h$  possui em atividade. O valor referente ao perfil e porte que o HU irá receber leva em consideração a seguinte expressão  $M_X^h = \omega_X^h M_X$ .

Assim a distribuição final dos recursos é dada pela fórmula  $M^h = M_X^h + (\pi_Y^h + \pi_Z^h + \pi_W^h)M$ . É verificável que  $M = \sum_{h=1}^H M^h = \sum_{h=1}^H M_X^h + \sum_{h=1}^H (\pi_Y^h + \pi_Z^h + \pi_W^h)M$ . Como  $\sum_{h=1}^H M_X^h = \sum_{h=1}^H \omega_X^h M_X = \sum_{h=1}^H \frac{p_X^h X_1^h}{\sum_{h=1}^H p_X^h X_1^h} M_X = \frac{\sum_{h=1}^H p_X^h X_1^h}{\sum_{h=1}^H p_X^h X_1^h} M_X = M_X$  e  $M_X = \sum_{h=1}^H \pi_X^h M$ , tem-se portanto:  $M = \sum_{h=1}^H \pi_X^h M + \sum_{h=1}^H (\pi_Y^h + \pi_Z^h + \pi_W^h)M = \sum_{h=1}^H (\pi_X^h + \pi_Y^h + \pi_Z^h + \pi_W^h)M$ , que é validada como uma condição verdadeira.

Esta forma de distribuição dos recursos do REHUF é aplicada desde o ano de 2013. Se confrontado com afirmativas, como as de Banzhaf (1965,1968), de que a distribuição proporcional não é uma distribuição justa, o modelo adotado pelo REHUF pode ferir este princípio. Desta maneira, esta pesquisa busca construir uma forma de alocação de recursos que privilegie o desempenho e que a distribuição obtida siga as pressuposições de justiça.

## 2.2 MÉTODOS DE APOIO A DECISÃO MULTICRITÉRIO

O processo de tomada de decisão, geralmente é complexo e envolve diversos elementos em diferentes níveis hierárquicos, considerando o tomador no alto do organograma. Roy (1996) esclarece que não importam os atores envolvidos no processo, o tomador de decisão pode ser tanto uma pessoa, como um conselho com diversos dirigentes. Assim considerando, a tomada de decisão se caracteriza como um processo onde, além do tomador de decisão, os personagens abaixo dele (podem ser chamados de elementos de *staff*) são fundamentais por fornecerem informações relevantes para que a tomada de decisão seja a mais coerente possível.

O apoio à tomada de decisão deve ser entendido como um estudo que procura fomentar o tomador de decisão com informações relevantes sobre as alternativas analisadas, e assim proporcionar uma escolha que mitigue riscos inerentes a um cenário complexo. Ainda segundo

Roy (1996) o apoio a decisão é uma atividade que utiliza modelos explícitos para gerar uma resposta que fundamente a decisão. É importante salientar que a tomada de decisão deve maximizar a coerência entre a evolução do processo e o objetivo do interessado.

Segundo Pomerol e Barba-Romero (2000), as decisões são cotidianas e sempre vinculadas a um conjunto amplo de informações associadas as opções do tomador de decisão. Esta situação é chamada de Decisão Sobre Multicritérios, existindo um conjunto de metodologias que buscam refinar e identificar as opções ou alternativas do tomador de decisão com base nestes multicritérios. A literatura clássica denomina este conjunto de metodologias de *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) ou Tomada de Decisão Multicritério.

Por notação básica, as possibilidades de escolha do tomador de decisão são chamadas de alternativas. As características observadas em cada uma das alternativas e utilizadas para a tomada de decisão são definidas como critérios. É importante salientar que os critérios sofrem algumas variações dependendo do modelo adotado, como o caso que será visto no método *Trade-Off Decision Analysis* (T-ODA) que classifica o processo de tomada de decisão como uma árvore onde os critérios são analisados como a composição de subcritérios, podendo haver vários níveis de subcritérios.

Para alguns autores, entre eles Pomerol e Barba-Romero (2000), os problemas de tomada de decisão podem ser classificados em três categorias, sendo elas: (i) Problemas de Seleção (utilizados para escolhas, onde se forma um subconjunto de alternativas, sendo elas um portfólio que está melhor alinhado aos interesses do tomador de decisão); (ii) Problemas de formulação de *rankings*; e por fim (iii) Problemas de classificação.

Por sua vez, Roy e Skalka (1985) destacam a existência de quatro conjuntos de problemas de decisão, a qual os métodos MCDM podem ser aplicados. São os seguintes: problemas de escolha ( $P.\alpha$ ), problemas de classificação ( $P.\beta$ ), problemas de *ranking* ( $P.\gamma$ ) e problemas de descrição ( $P.\delta$ ). Segundo Nepomuceno e Costa (2015) é possível estabelecer um quinto conjunto de problemas descritos como problemas de partilha ( $P.\sigma$ ).

Analisando, a luz da teoria apresentada, este estudo pode ser classificado de duas formas. Primeiramente considerando seu objetivo geral, de apresentar uma forma justa de distribuição de recursos, este estudo pode ser entendido como um problema de partilha, conforme Nepomuceno e Costa (2015). Em segundo lugar, ao se analisar a aplicação de modelos já construídos à fase de mensuração do desempenho, esta pesquisa pode ser associada a formação de *rankings*. Todos os modelos propostos para a formulação de *rankings* consideram uma mensuração prévia do desempenho, o que foi utilizado como meio para distribuição de recursos.

Outra caracterização possível para os métodos de MCDM, é quanto a sua modelagem. Segundo Tzeng e Huang (2011) existem duas classificações possíveis. A primeira é dada pela Teoria da Utilidade Multiatributo, baseada no livro de von Neumann e Morgenstern (1944). Dentro deste conjunto de métodos destaca-se o método de Análise Hierárquica de Processos (AHP) e os métodos baseados em cenários ideais, entre eles *Technique of Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS) e *VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje* (VIKOR). É importante destacar a influência da escola americana de MCDM com o método AHP, e outras contribuições de países fora deste eixo.

O segundo grupo de métodos, é conhecido como métodos de *Outranking* ou Sobreposição. Dentre estes métodos destaca-se o conjunto de métodos ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*) e o conjunto de métodos PROMETHEE (*Preference Ranking Organization METHods for Enrichment Evaluations*). Sendo ambos os métodos conhecidos por pertencerem a escola francesa de métodos multicritério.

Para esta tese escolheu-se, a utilização de métodos de cada uma das construções metodológicas. Considerando que todas estas vertentes de métodos apresentam alguma contribuição para os problemas de formulação de *rankings*. As seções a seguir apresentam a construção formal dos métodos que serão aplicados, a saber: primeiramente serão descritos os métodos que utilizam matrizes de preferências na sua construção; em um segundo momento são apresentados os métodos de Cenários Ideais; e por fim o método de *outranking*, PROMETHEE, com foco no modelo de ranqueamento.

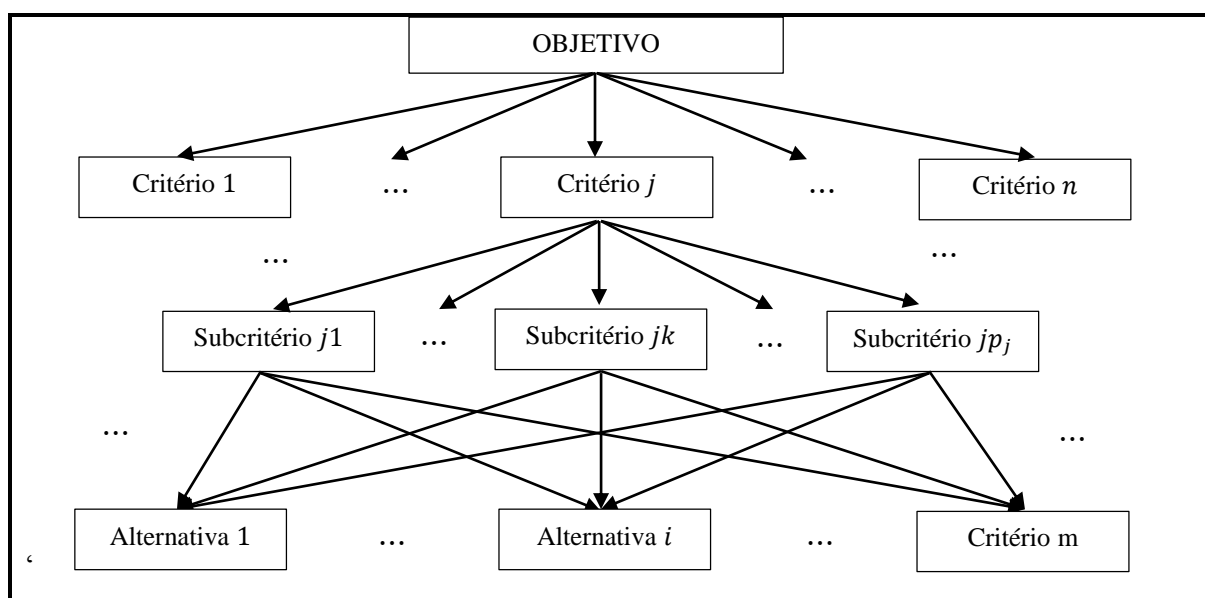
### 2.2.1 Método *Trade-Off Decision Analysis* (T-ODA)

Os Modelos com Matriz de Preferência foram estruturados para que a matriz construída por eles sintetize a ideia da Função de Utilidade Econômica descrita por Von Neumann e Morgenstern (1944). Seu principal método foi a *Analysis Hierarchical of Process* (AHP) descrito por Thomas Saaty (1977). Uma das virtudes deste modelo é a possibilidade de se mensurar as inconsistências existentes nas escolhas realizadas por parte do tomador de decisão. A inconsistência das avaliações é algo inerente a qualquer método multicritério. Por sua vez, o método de AHP possui uma limitação quanto ao número de alternativas analisadas (ISHIZAKA, 2012), visto que o número de comparações entre as alternativas é alto impulsionando a forte inconsistência. Com o objetivo de promover a operacionalização do

método AHP, também para casos de numerosas alternativas, e minimizar a inconsistência existente nas matrizes de comparação, Meireles e Sanches (2009) sugerem o método de *Trade-Off Decision Analysis* (T-ODA).

A estrutura básica do método T-ODA é similar a utilizada pelo método AHP, desenvolvida por Saaty (1977). Cabe destacar que mesmo havendo a limitação para problemas de decisão com grande número de alternativas, o método AHP é o mais aplicado em processos de tomada de decisão. A principal obra responsável pela popularização do método AHP é de Saaty (1980) que descreveu de forma clara o processo de tomada de decisão, como uma estrutura hierárquica de avaliação das alternativas. Desta forma, o autor apresentou a modelagem do problema como a seguinte Árvore de Decisão apresentada na Figura 4.

**Figura 4 - Árvore de decisão**



Fonte: adaptado de Saaty (1980).

O método T-ODA possui a mesma concepção do problema de decisão na forma de uma hierarquia, descrita na Figura 4. Além desta consideração Meireles e Sanches (2009) propõem três premissas, dadas a seguir:

- i) Construção de *rankings*, já que se assume que o processo de avaliação de alternativas é feito em níveis hierárquicos;
- ii) Estabelecer uma matriz de prioridades de cada alternativa sobre cada critério; e
- iii) Observância da consistência lógica absoluta, estabelecida no processo de construção lógica da matriz de prioridades.

Ao analisar as premissas descritas pelo método, é possível perceber que das três estabelecidas, o que diferencia o método T-ODA do AHP é a terceira. Visto que o método AHP

também constrói *rankings* (premissa i) com base num processo de decisão hierárquico (premissa ii). Assim o diferencial do T-ODA frente ao método AHP é a construção de matrizes de preferência absolutamente consistente e operacional para problemas com grande número de alternativas, uma limitação do AHP destacada por Ishizaka (2012).

Ainda segundo Meireles e Sanches (2009) o método considera uma alternativa pivô em comparação com as demais. Supondo o conjunto de alternativas  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , escolhe-se aleatoriamente uma delas. Assumindo a alternativa escolhida, ou pivô de comparação, como  $a_i$ , e seu peso dado inicialmente por  $r_i = 1$ . A comparação ocorrerá entre o pivô e as demais alternativas estipulando pesos de comparação  $r_j$ , de acordo com o Quadro 1. Estes pesos são definidos por Meirelles e Sanches (2009) e para as categorias de inferioridade, os valores de comparação são obtidos pelo inverso das medidas de preferência.

**Quadro 1 - Valores de preferência T-ODA**

<b>Avaliação</b>	<b>Valor</b>
Extremamente preferida	3,000
Fortemente preferida	2,000
Moderadamente preferida	1,200
Igualmente preferida	1,000
Moderadamente inferior	0,833
Fortemente inferior	0,500
Extremamente inferior	0,333

Fonte: Meirelles e Sanches (2009).

Comparadas todas as alternativas com o pivô é possível formular um vetor de pesos  $\bar{r}$ , formado pelas avaliações comparativas entre todas as alternativas e o pivô. A matriz de comparação, obtida por meio do método T-ODA, é construída admitindo as razões  $\frac{r_j}{r_k}$ , onde  $r_j$  e  $r_k$  são as informações no vetor  $\bar{r}$  contidas nas posições  $j$  e  $k$  respectivamente. Assim tem-se:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{r_1}{r_1} & \frac{r_1}{r_2} & \dots & \frac{r_1}{r_i} & \dots & \frac{r_1}{r_n} \\ \frac{r_2}{r_1} & \frac{r_2}{r_2} & & \frac{r_2}{r_i} & & \frac{r_2}{r_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{r_i}{r_1} & \frac{r_i}{r_2} & \dots & \frac{r_i}{r_i} & \dots & \frac{r_i}{r_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{r_n}{r_1} & \frac{r_n}{r_2} & \dots & \frac{r_n}{r_i} & \dots & \frac{r_n}{r_n} \end{bmatrix}$$

É possível perceber que confrontado com o número de comparações feitas no método AHP, o número de comparações feitas pelo método T-ODA é inferior. Destaca-se que no

método AHP o número de comparações é igual a  $n(n - 1)/2$ , já no método T-ODA é de  $(n - 1)$ .

Considerando a matriz de preferências  $A^k$ , que determina as preferências entre as  $n$  alternativas avaliadas a luz dos resultados do critério  $k$ . É possível estimar o peso de cada alternativa  $i$  para este critério  $k$ , definindo os elementos  $w_{ik}$ , que são obtidos, por meio de:

$$w_{ik} = \frac{(\sum_{j=1}^n a_{ij}) - 1}{\sum_{i=1}^n [(\sum_{j=1}^n a_{ij}) - 1]}$$

Assim como no método AHP, no método T-ODA são feitas comparações entre as alternativas considerando cada um dos critérios. Além do mais, são comparados os critérios segundo sua relevância no conjunto. Na maneira como foi concebido no método T-ODA, segundo Meireles e Sanches (2009), existe a garantia de que todas as matrizes de preferência, entre alternativas ou entre critérios, sejam consistentes.

Para obtenção do *score* de ranqueamento, admite-se uma matriz  $W$ , onde cada coluna é composta pelo vetor de preferências das alternativas em um dos  $k$  critérios, ou seja:  $W = [\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_m]$ . Considera-se ainda o vetor  $\bar{w}_c$ , como o vetor de pesos associados a cada um dos critérios. O *score* de desempenho utilizado para a construção do *ranking*, é dado por:

$$W \cdot \bar{w}_c = \bar{O}$$

Onde  $\bar{O}$  define o valor obtido para cada uma das alternativas segundo a estrutura hierárquica do processo de decisão. O ranqueamento ocorre segundo o objetivo do problema, se o indicador gerado estiver num viés de maximização, o *ranking* é estabelecido do maior para o menor. Caso o objetivo seja o mínimo *score* possível, o *ranking* é construído do menor valor para o maior.

Aplicaram o método T-ODA Rossoni (2011) e Rossoni e Meireles (2011). O primeiro trabalho, Rossoni (2011), aplica o método junto a gestores de micro e pequenas empresas na busca de verificar a percepção quanto a facilidade de aplicação do T-ODA, frente ao método AHP. Os resultados apontados pelo autor indicam o método T-ODA como o mais simples para aplicação. Já o trabalho de Rossoni e Meireles (2011) verificou as diferenças existentes entre os *rankings* obtidos pelo método T-ODA e pelo método AHP, considerando que o primeiro é uma adaptação do segundo, feita para reduzir a zero a inconsistência da matriz de preferências. Os resultados do estudo confirmam que mesmo com as modificações ocorridas no *ranking*, elas não são estatisticamente significativas, na comparação do método AHP e do método T-ODA.

Outro estudo que aplicou o método T-ODA na avaliação do desempenho foi Vogt et al. (2015). Neste trabalho os autores utilizaram o referido método para a mensuração do



desempenho na evidência ambiental das empresas. Os autores destacam a importância da aplicabilidade do método T-ODA na mensuração do desempenho.

### 2.2.2 Modelos de Cenários Ideais

Os métodos de apoio a decisão multicritério baseados em cenários ideais são discutidos há algum tempo no meio científico. É possível citar os trabalhos de Zeleny (1975, 1976) como uma introdução da avaliação de alternativas por meio de cenários ideais. No modelo de Zeleny (1975, 1976) há a criação de um cenário de máximo desempenho, muito possivelmente utópico, onde se busca a comparação de cada alternativa para com este cenário (ponto) de máximo desempenho. A este método o autor deu-lhe o nome de *Displaced Ideal*.

Hwang e Yoon (1981) descrevem, em paralelo ao modelo de Zeleny, o método TOPSIS, que compara as alternativas tanto num cenário ideal, como em um cenário anti-ideal. Assim os métodos de apoio a decisão com foco nestes aspectos ganharam força, surgindo posteriormente métodos como VIKOR, MOORA, entre outros.

A seguir, procura-se apresentar dois métodos de apoio a decisão multicritério que envolvem a comparação de cenários. São eles método TOPSIS e o método VIKOR. Ambos são construídos tendo como base a ideia de comparação com um cenário ideal hipotético, no restante de sua estrutura de cálculo os modelos são distintos. Favorável a estes modelos tem-se sua operacionalidade, que é melhor do que os demais métodos, além de sofrerem menos influência de.

#### 2.2.2.1 Método TOPSIS

O método *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS) foi proposto por Hwang e Yoon (1981) e vem sendo amplamente aplicado. É o caso de Lai, Liu e Hwang (1994) que verificaram as condições e a região de viabilidade para a resposta do modelo TOPSIS, com intuito de uma adaptação ao modelo *fuzzy*. Além deste, há outros estudos como Aydogan (2011), Bulgurcu (2012), Bilbao-Terol et al. (2014), Iç (2014), Mandic et al. (2014), Wang e Wang (2014), Chen et al. (2015), Roszkowska e Wachowicz (2015).

O método assumea matriz de dados  $X$ , composta por elementos na forma  $x_{ij}$ , que corresponde ao resultado observado da alternativa  $i$  no critério  $j$ . Assume-se ainda  $A = \{A_i | i = 1, 2, \dots, n\}$  como o conjunto de todas as alternativas e  $C = \{C_j | j = 1, 2, \dots, m\}$  como o conjunto de todos os critérios. Efetua-se inicialmente a padronização dos dados, que pode ser realizada de duas formas.

A primeira busca estabelecer vetores que designam os valores observados em cada critério de  $C$ , de forma que estes vetores sejam versores. Desta forma a padronização é definida como:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}, \forall j = 1, \dots, m$$

A segunda forma de padronização leva em consideração a natureza do critério avaliado. Se o critério representa benefícios (quando maior melhor) a padronização do critério  $j$  é dada por:  $r_{ij} = (x_{ij} - x_j^-)/(x_j^+ - x_j^-)$ , onde  $x_j^- = \min x_{ij}$  e  $x_j^+ = \max x_{ij}$ . Se o critério representa custos (quanto menor melhor) a padronização do critério  $j$  é dada por:  $r_{ij} = (x_j^- - x_{ij})/(x_j^- - x_j^+)$ . Esta padronização permite que todos os critérios tenham amplitude 1, não guardando problemas de *outliers* conforme Pomerol e Barba-Romero (2000).

Realizada a padronização, o valor ponderado de cada critério pode ser obtido da seguinte forma  $v_{ij}(x) = w_j r_{ij}$ . Esta ponderação serve para considerar quais critérios possuem maior influência no processo de tomada de decisão. Com base nos valores ponderados, estabelece-se o Cenário Ideal Positivo (CIP) e o Cenário Ideal Negativo (CIN) conforme segue:

$$CIP = A^+ = \{v_1^+(x), v_2^+(x), \dots, v_m^+(x)\}$$

$$CIP = A^+ = \{(\max_i v_{ij} | j \in J_1) \text{ ou } (\min_i v_{ij} | j \in J_2), k = 1, 2, \dots, n\}$$

Assim como:

$$CIN = A^- = \{v_1^-(x), v_2^-(x), \dots, v_m^-(x)\}$$

$$CIN = A^- = \{(\min_i v_{ij} | j \in J_1) \text{ ou } (\max_i v_{ij} | j \in J_2), k = 1, 2, \dots, n\}$$

Onde  $J_1$  representa o conjunto de critérios do tipo benefício e  $J_2$  o conjunto de critérios do tipo custo.

O passo seguinte do modelo é calcular as distâncias de cada alternativa para o cenário ideal positivo ( $D_i^+$ ) e as distâncias de cada alternativa para o cenário ideal negativo ( $D_i^-$ ). Cabe destacar que o modelo de distâncias pode variar de acordo com o objetivo do problema. Pode-se utilizar, por simplicidade, a distância Euclidiana, mas também existem as distâncias de Manhattan, Minkowski, Mahalanobis, entre outras. A partir deste ponto, nesta Tese será

considerada a distância Euclidiana. Assim o modelo para obtenção das distâncias é definido como:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m [v_j^+(x) - v_{ij}(x)]^2}, i = 1, \dots, n$$

Analogamente:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m [v_{ij}(x) - v_j^-(x)]^2}, i = 1, \dots, n$$

Ao fim o método sintetiza a característica de desempenho em um *score*, segundo a similaridade da alternativa avaliada para com o Cenário Ideal Positivo. Este índice pode ser definido como:

$$C_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, C_i \in [0,1], \forall i = 1, \dots, n$$

O *ranking* é feito considerando o *score* obtido no índice de similaridade. Quanto maior o valor, melhor a alternativa foi avaliada em seu desempenho segundo seus critérios.

O modelo descrito por Hwang e Yoon (1981) recomenda a utilização de variáveis numéricas. Alguns trabalhos como Cables, Garcí-Cascales e Lamata (2012) descrevem um modelo *Fuzzy* para o método TOPSIS que pode utilizar variáveis linguísticas ou categóricas segundo um determinado critério. Possivelmente a aplicação de variáveis categóricas pode ser operacionalizada também pelo uso de outras métricas na mensuração das distâncias. Há ainda problemas quanto ao estabelecimento de pesos a cada critério de avaliação. Uma alternativa apresenta por Li et al. (2011) é a utilização do modelo de Entropia da Informação, para serem estabelecidos os pesos  $w_j$ .

#### 2.2.2.2 Método VIKOR

O método *VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje* (VIKOR) foi apresentado inicialmente por Opricovic (1998) sendo sua natureza parecida com a do método TOPSIS, porém este pode ser vinculado ao conjunto de métodos definidos como Programação por Compromisso de Yu (1973) e Zeleny (1982). O objetivo é estabelecer um *ranking* segundo as distâncias entre as alternativas e um cenário ideal. A diferença deste método para o TOPSIS

está justamente ligada à vinculação deste método às funções de compromisso, considerando apenas sua posição quanto ao Cenário Ideal Positivo. Opricovic e Tzeng (2004) discutem sobre as diferenças entre o método TOPSIS e o método VIKOR. Segundo os autores o método VIKOR tem como virtude, sobre o método TOPSIS ponderar a importância das distâncias em relação ao Cenário Ideal Positivo e a sua melhor avaliação, avaliando seu desempenho também olhando para sua característica de destaque. Ainda segundo os autores, este comparativo leva a considerar o método VIKOR como um método onde o *ranking* formado é mais estável, sendo menos suscetível a inversão de ordem, do que o formado pelo método TOPSIS.

O VIKOR toma por base a função dos métodos de Programação por Compromisso descrita por Yu (1973) e Zeleny (1982). Assumindo como notação que o conjunto de alternativas  $A$  é definido como  $\{a_1, \dots, a_n\}$ , onde para a alternativa  $i$ , o valor padronizado de sua avaliação no critério  $j$  é dado por  $f_{ij}$ . Assim pode-se definir a função de compromisso como:

$$L_{p,i} = \left\{ \sum_{j=1}^m \left[ \frac{w_j(f_j^* - f_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \right]^\alpha \right\}^{\frac{1}{\alpha}}$$

Onde:  $1 \leq \alpha \leq \infty$  e que  $i = 1, 2, \dots, n$ , assumindo que  $j$  denota um critério específico e que  $m$  é o número de critérios utilizado no modelo. Ainda,  $f_j^*$  trata-se do melhor resultado obtido no critério  $j$  e que  $f_j^-$  trata-se do pior resultado obtido para o critério  $j$ .

Inicialmente o método VIKOR constrói dois *scores* utilizados para a construção do *ranking*, sendo eles  $S$  e  $R$ . Suas construções estão vinculadas a função de compromisso, onde para se obter  $S$  assume-se  $\alpha = 1$  e para a obtenção de  $R$  assume-se  $\alpha = \infty$ . Desta maneira é possível obter:

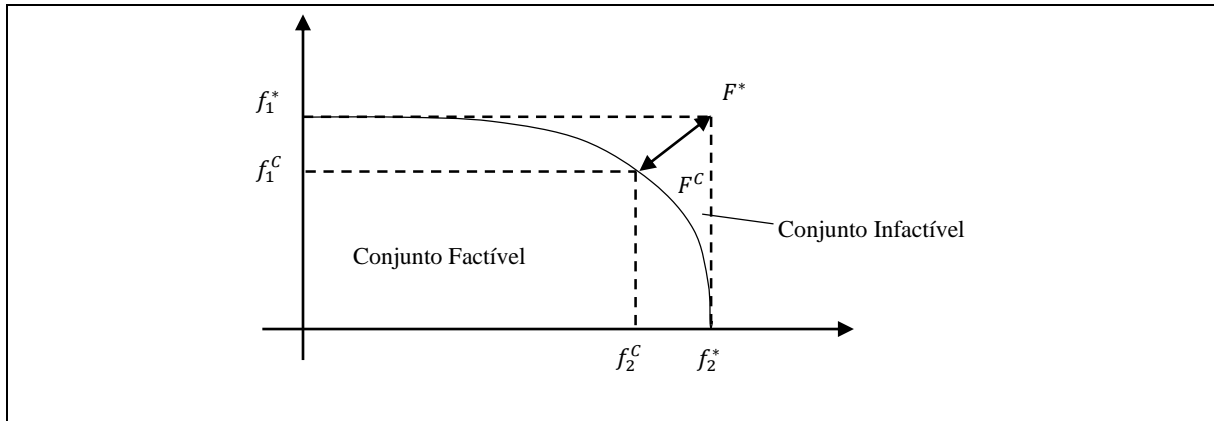
$$S_i = \sum_{j=1}^m \left[ \frac{w_j(f_j^* - f_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \right]$$

E ainda:

$$R_i = \max_j [w_j(f_j^* - f_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)]$$

Existe, portanto uma curva estabelecida por  $F^C$  que apresenta o conjunto de soluções viáveis que se destacam como as mais próximas possíveis do cenário ideal positivo  $F^*$ . A Figura 5 destaca esta representação.

**Figura 5 - Solução Ideal e Solução Compromisso**



Fonte: Opricovic e Tzeng (2004).

Assim, é possível estabelecer um algoritmo de aplicação do método VIKOR, de acordo com o exposto a seguir:

**Etapa 1:** identificação dos valores  $f_j^* = \max_i f_{ij}$  e  $f_j^- = \min_i f_{ij}$ ; destaca-se que é considerado máximo o valor que representa o melhor resultado obtido pela variável, sendo possível a existência de variáveis descritas como “quanto maior melhor” e variáveis descritas como “quanto menor melhor”. Interpretação análoga é possível para o pior cenário.

**Etapa 2:** Calcular os valores  $S_i$  e  $R_i$  para todo  $i = 1, 2, \dots, n$ . As fórmulas foram descritas anteriormente. Cabe destacar ainda, que  $w_j$  representa o peso estabelecido para o critério  $j$ .

**Etapa 3:** Calcular os valores de  $Q_i$ , dado  $i = 1, 2, \dots, n$ . Considera-se para tanto a equação:

$$Q_i = v(S_i - S^*)/(S^- - S^*) + (1 - v)(R_i - R^*)/(R^- - R^*)$$

Onde  $S^* = \max_i S_i$ ;  $S^- = \min_i S_i$  assim como  $R^* = \max_i R_i$ ;  $R^- = \min_i R_i$ . O peso  $v$  é uma ponderação descrita pelos autores como critério majoritário. Costuma-se definí-lo como  $v = 0,5$ , porém este critério pode sofrer alterações devido a hipótese de robustez de classificação.

Ainda de acordo com Opricovic e Tzeng (2004), a classificação das alternativas segue uma descrição mais difusa do que métodos como o TOPSIS. O VIKOR fornece três diferentes *rankings*, a saber  $S$ ,  $R$  e  $Q$ , sendo os dois primeiros com preferência a valores maiores e o último com preferência a *scores* menores. Assim uma alternativa  $a'$  será classificada como preferida, se possuir fechamento com as seguintes condições.

Condição 1:  $a'$  possui “Vantagem Aceitável” sobre as demais se quando comparada com  $a''$  (alternativa imediatamente posterior) for verificado que:  $Q(a'') - Q(a') \geq DQ$  e  $DQ = 1/(n - 1)$ .

Condição 2:  $\alpha'$  tem “Estabilidade aceitável na tomada de decisão” se além de melhor em  $Q$ , também for melhor em  $S$  e/ou  $R$ . Esta condição é mais comum em análises onde  $v \approx 0,5$ .

Algumas discussões ainda foram travadas posteriormente a publicação do trabalho, tais como Shemshadi et al. (2011) que propôs um método VIKOR *fuzzy* baseado na entropia da informação. Efetivamente a entropia se mostra como uma importante ferramenta de apoio à estimação dos pesos, haja vista que o mesmo se verificou com o método TOPSIS.

A natureza da comparação final dos *rankings* dá ao VIKOR um laço possível com outros métodos, principalmente com os modelos *outranking*. Nesta discussão Opricovic e Tzeng (2007) estudaram a extensão do método utilizando argumentos dos métodos PROMETHEE II e ELECTRE II. Assim os autores concluíram que os resultados obtidos pelo VIKOR são mais similares aos *rankings* obtidos pelos métodos PROMETHEE II e ELECTRE II, do que pelo método TOPSIS. A justificativa foi principalmente pela preocupação do VIKOR com relação a comparação de cenários que o TOPSIS toma de forma equalizada entre o Cenário Ideal Positivo e Cenário Ideal Negativo.

Outros trabalhos ainda estudaram aplicações diretas do modelo VIKOR em sistemas de classificação entre alternativas. Pode-se citar Chatterjee, Athawale e Chakraborty (2009) que aplicaram o método em um sistema de classificação de materiais, que também utilizou modelos *outranking*. San Cristóbal (2011) utilizou o método VIKOR para a seleção dos melhores projetos de energia renovável a serem aplicados na Espanha. Tsai, Chou e Leu (2011) avaliaram estratégias de *marketing* na internet para empresas aéreas. Wu, Lin e Chang (2011) e Wu et al. (2012) aplicaram o método VIKOR no ranqueamento de universidades, em ambas as pesquisas os autores utilizaram composições do método, com o AHP. Aghdaie, Zolfani e Zavadskas (2014) aplicaram o VIKOR, juntamente com o TOPSIS, na verificação de sinergia entre os métodos de mineração de dados e métodos de apoio a decisão multicritério. Civic e Vucijak (2014) aplicaram o método VIKOR na seleção de materiais de isolamento térmico de prédios a fim de aumentar a eficiência energética das estruturas. E também, é possível citar Yazdani Payam (2015) que aplicaram o método na seleção de materiais, desta vez com a utilização de conceitos da eletroestática.

### 2.2.3 Método PROMETHEE

Os modelos de apoio a decisão multicritério denominados como Métodos *Outrankings*, foram desenvolvidos principalmente na escola francesa. Segundo Pomerol e Barba-Romero (2000) os métodos *outranking* foram inicialmente criticados por seguirem uma construção teórica própria sobre o comportamento do tomador de decisão. Este modelo confrontou os métodos da escola americana que trabalhavam com a ideia de funções de utilidade definidas por von Neumann e Morgenstern (1944).

Os métodos *outranking* mais citados são o conjunto de métodos ELECTRE e o conjunto de métodos PROMETHEE. Destes, o conjunto que possui a construção menos complexa é a segunda (*Preference Rankings Organization METHod for Enrichment Evaluations*). Inicialmente introduzido por Brans, Mareschal e Vincke (1984), o método foi consolidado com as construções teóricas de Brans e Vincke (1985) e Brans, Vincke e Mareschal (1986). Nestes trabalhos foram apresentados os dois principais, os métodos PROMETHEE I e PROMETHEE II. O primeiro consolida-se com um método de apoio a problemas de escolha. O segundo caracteriza-se como um método de formação de *rankings*.

A família de métodos PROMETHEE é extensa, porém todos os métodos estão fundamentados a uma estrutura conceitual. Segundo Vincke (1999) os métodos utilizam-se da figura de critérios e pseudo-critérios, que segundo o autor podem ser definidos como:

**Definição 3.1** – Critério-Verdadeiro é uma função de valor real  $g$  definida sobre  $A$  que representa as preferências sobre determinado ponto de vista, ou seja:

$$\begin{cases} g(a) > g(b) & \text{sse } a \text{ é sobreclassifica } b \\ g(a) = g(b) & \text{sse } a \text{ é indiferente a } b \end{cases}$$

**Definição 3.2** – Pseudo-Critério é uma terna  $(g, p, q)$  de funções de valor real definida sobre  $A$  de forma que satisfaz uma das alternativas seguintes:

$$\begin{cases} g(a) > g(b) + p(g(b)) & \text{se } a \text{ for estritamente preferido a } b \\ g(b) - p(g(b)) \geq g(a) > g(b) + q(g(b)) & \text{se } a \text{ for fracamente preferido a } b \\ a \text{ indiferente a } b & \text{ caso contrário} \end{cases}$$

Onde  $a$  e  $b$  denotam alternativas genéricas, pertencentes ao conjunto  $A$  de alternativas.

Considerando um critério  $j$  onde seu objetivo é a maximização e ainda duas alternativas  $a_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$  e  $a_k = (a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{km})$ . A informação da alternativa  $i$  no critério  $j$  é denotada por  $a_{ij} = U_j(a_i)$ . Assumindo que  $a_{ij} \geq a_{kj}$ , define-se a seguinte medida  $d_{ik} = a_{ij} -$

$a_{kj}$  e considera-se uma função de preferência. Existem várias como poderá ser visto no Quadro 3, assume-se por simplicidade a usual:

$$S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{ik}) = \begin{cases} 0 & \text{se } d_{ij} = 0 \text{ (indiferença)} \\ 1 & \text{se } d_{ij} > 0 \text{ (preferência)} \end{cases}$$

É possível assumir também o chamado quase-critério onde se estipula um limiar de indiferença  $q$  tal que:

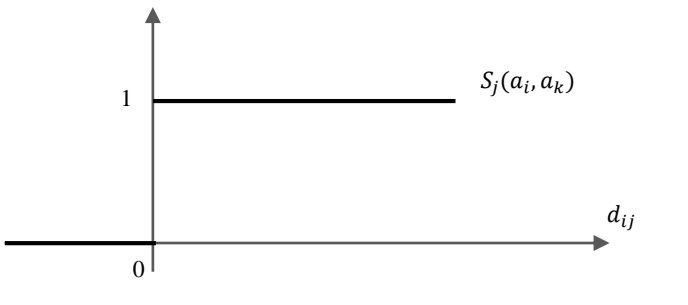
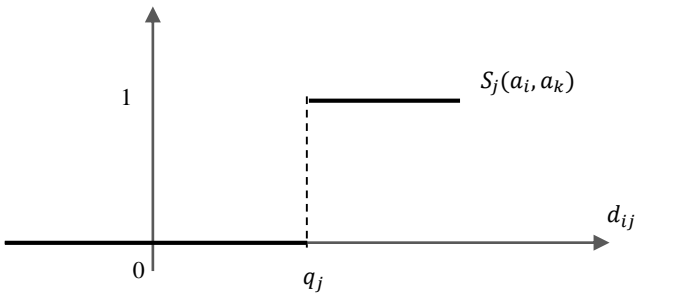
$$S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{ik}) = \begin{cases} 0 & \text{se } d_{ij} = q \text{ (indiferença)} \\ 1 & \text{se } d_{ij} > q \text{ (preferência)} \end{cases}$$

Ou ainda é possível assumir como um pseudo-critério, estipulando um limiar de preferência  $p$  e outro de indiferença  $q$ , obtendo o que se chama de função linear de preferência:

$$S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{ik}) = \begin{cases} 0 & \text{se } d_{ij} = q \text{ (indiferença)} \\ \frac{d_{ij} - q}{p - q} & \text{se } q \leq d_{ij} \leq p \\ 1 & \text{se } d_{ij} > p \text{ (preferência)} \end{cases}$$

Existem outros casos de funções de preferência que podem ser adotadas pelos modelos. O Quadro 2 apresenta estes modelos.

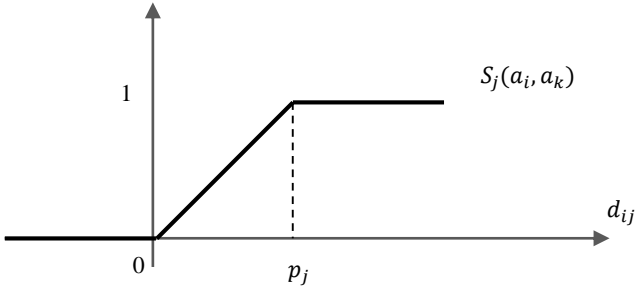
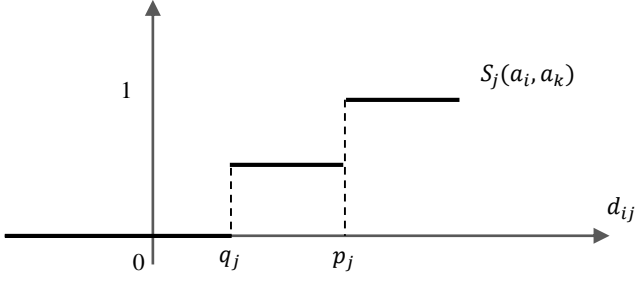
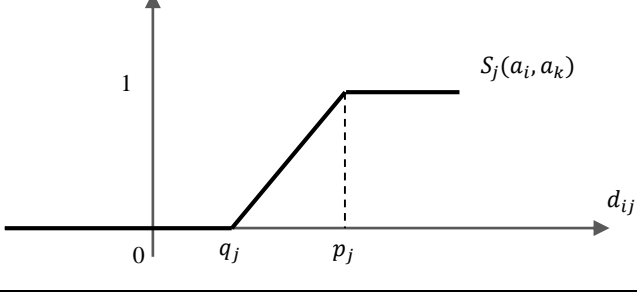
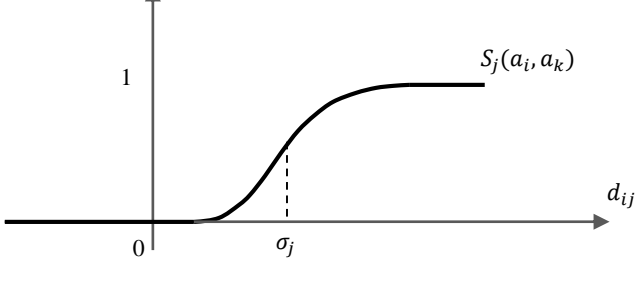
**Quadro 2 - Funções de preferência**

Tipo 1		<p>Preferência estrita determinada imediatamente. Não há parâmetros a serem determinados.</p>
Tipo 2		<p>Existe um limiar de indiferença que deve ser definido previamente.</p>

*Continua...*



Continuação...

Tipo 3		A preferência aumenta gradativamente até ultrapassar um limiar de preferência estrita.
Tipo 4		Existe um limiar de preferência estrita e um de indiferença. Entre estes dois limiares deve haver um valor intermediário de transição.
Tipo 5		Existe um limiar de preferência estrita e um de indiferença. Entre estes dois limiares há uma função onde o ganho de preferência é linearmente gradativa.
Tipo 6		O ganho de preferência segue uma distribuição normal, onde é necessário determinar o parâmetro $\sigma_j$ .

Fonte: adaptado de Vincke (1999).

Assumindo então os pesos de cada critério  $w_j$ , de tal forma que  $\sum_{j=1}^m w_j = 1$ , é possível construir o valor de preferência estrita da alternativa  $a_i$  para sobre  $a_k$  definida como:

$$c_{ik} = \sum_{j=1}^m w_j S_j(a_i, a_k) = \sum_{j=1}^m w_j S_j(d_{ik})$$

Desta maneira formula-se uma matriz  $C$  composta com os valores de preferência de todas as alternativas. Para os métodos PROMETHEE I e II associa-se a dois *scores*  $\phi_i^+$  e  $\phi_i^-$  de tal forma que:

$$\phi_i^+ = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n c_{ik}$$

e

$$\phi_i^- = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n c_{ki}$$

O método PROMETHEE I estabelece que  $a_i$  é preferível a  $a_k$  se uma das seguintes condições se verifica: i)  $\phi_i^+ > \phi_k^+$  e  $\phi_i^- < \phi_k^-$ ; ii)  $\phi_i^+ > \phi_k^+$  e  $\phi_i^- = \phi_k^-$ ; ou iii)  $\phi_i^+ = \phi_k^+$  e  $\phi_i^- < \phi_k^-$ . Em nenhum dos demais casos  $a_i$  é preferível a  $a_k$ .

O método PROMETHEE II utiliza o coeficiente  $\phi_i$  para estabelecer um *ranking* de preferências, sendo que a escala utilizada presume a classificação de quanto maior melhor. O coeficiente definido no método é dado por  $\phi_i = \phi_i^+ - \phi_i^-$ . Destaca-se como escala verificada pelo método PROMETHEE II, uma variação de valores cujo valor esperado é igual a zero, haja vista que a soma total dos valores é dada por zero.

Além do método PROMETHEE voltados a escolha e a construção de *rankings* existem também modelos voltados a outras características de problemas. A família de métodos PROMETHEE, é na maior parte das pesquisas utilizada como uma alternativa aos métodos da família ELECTRE, visto sua maior facilidade de implementação em alguns tipos de problema, como no caso do *ranking*.

### 2.3 VOTING GAMES NA TEORIA DOS JOGOS

Para González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010), a Teoria dos Jogos pode ser entendida como a teoria matemática das situações de decisão interativa. Basicamente os estudos desenvolvidos nesta área tentam descrever, de forma abstrata, o comportamento puramente racional existente em um ambiente competitivo.

O princípio conceitual da Teoria dos Jogos é incerto, há literaturas de História da Matemática que apontam para Girolamo Cardano (1501-1576) como um estudioso das ideias de estratégia em jogos de azar. Por sua vez, alguns estudos mais recentes ajudaram a evoluir a Teoria das Probabilidades e não a Teoria dos Jogos como conhecida atualmente. No Século

XIX, Antoine Augustin Cournot fez um estudo sobre estratégias de competição em um Duopólio, que se assemelha ao que conhecemos hoje como equilíbrio de Nash.

A estrutura teórica inicial de importância para a Teoria dos Jogos é atribuído ao matemático Húngaro John von Neumann por dois artigos publicados em 1928 e 1937 (LUCE; RAIFFA, 1957). Nestes estudos, Von Neumann descreve o que hoje conhece-se como o Teorema do Minimax. Por conta da dificuldade existente na demonstração apresentada pelo autor, considerando o fato de serem utilizados elementos de Topologia, pouco se comentou sobre os resultados. A formulação teórica ganhou força com a publicação, em 1944, do livro *“Theory of Games and Economic Behavior”* sob autoria de John von Neumann e Oskar Morgenstern. Os autores descrevem além da axiomatização da Teoria dos Jogos, principalmente para Jogos de Soma-Zero, a construção conceitual da Teoria da Utilidade, utilizada por alguns métodos multicritério de apoio à decisão.

Outro passo importante para Teoria dos Jogos foram os trabalhos de John Forbes Nash Junior (NASH 1950a, 1951), onde se construiu a ideia do Ponto de Equilíbrio. O conceito de Ponto de Equilíbrio rendeu a Nash o prêmio Nobel de Economia no ano de 1994, juntamente com outros dois pesquisadores da Teoria dos Jogos: John C. Harsanyi (por trabalhar com jogos de informação incompleta) e Reinhard Selten (ao trabalhar com o refinamento do conceito de equilíbrio de Nash em subjogos e jogos sequenciais). O Ponto de Equilíbrio, juntamente com a teoria descrita por von Neumann e Morgenstern, podem ser considerados pontos fundamentais da Teoria dos Jogos, conhecidos como Jogos Não-Cooperativos. O fechamento necessário para esta teoria, foi justamente dado pelo Ponto de Equilíbrio, visto o que seria a generalização do Teorema Minimax para Jogos de Soma diferente de Zero.

Em resumo, é possível perceber, que os estudos de Neumann e Morgenstern (1944) e Nash (1950a) descrevem são modelos voltados a jogos onde não há interação ou relação entre jogadores. À estes jogos denomina-se de Jogos Não-Cooperativos. Esta distinção se faz necessária visto que Nash (1950b) apresenta a ideia de jogos onde a interação entre jogadores é possível.

Em Nash (1950b) a cooperação ocorre na forma de barganha, onde, de acordo com o autor, os jogadores interagem entre si em busca de uma solução que não necessita ser ótima para ambos, mas que seja um resultado satisfatório para ambos. A esse conjunto de jogos dá-se o nome de Jogos Cooperativos. Ainda segundo o autor, este problema já havia sido trabalhado por Cournot, Bowley, Tintner, Fellner e outros, também apresentado em von Neumann e Morgenstern (1944) mas na forma de um Jogo de Soma-Zero. Nash (1950b, p 155) ainda aponta que:

“Em termos gerais, idealizamos o problema de barganha por assumir que os dois indivíduos são altamente racionais, que cada um pode comparar com precisão os seus desejos para várias coisas, que eles são iguais em habilidade de negociação, e que cada um tem pleno conhecimento dos gostos e preferências do outro.”

Em Jogos Cooperativos é importante que cada jogador tenha consciência e conhecimento prévio de todas as decisões tomadas pelos demais jogadores. Assim a grande aplicação dos Jogos Cooperativos é a possibilidade de negociação entre os jogadores.

As discussões e publicações referentes a Jogos Cooperativos levaram a muitas vertentes e muitos modelos, cada qual pressupondo algum tipo de utilidade. A Teoria de Barganha de Nash é tida como passo inicial para as discussões, principalmente pelo fato de que em seu trabalho Nash (1950b) descreve a cooperação entre dois jogadores, ou duopólio. Em um jogo com  $n$ -jogadores a discussão passou a ser mais complexa, visto que passa a existir a possibilidade de barganha entre subgrupos de jogadores (coalizões) (GONZÁLEZ-DÍAZ; GARCÍA-JURADO; FIESTRAS-JANEIRO, 2010).

Conforme González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010) dentro dos Jogos Cooperativos a principal classe de jogos é denominada como Jogos de Utilidade Intransferível (*Nontransferable Utility Games* – NTU-Games). E por sua vez os NTU-Games são subdivididos em Problemas de Barganha (*Bargaining*) e Jogos Com Transferência de Utilidade (*Games with Transferable Utility* – TU-Games). Ainda, segundo os autores, dentro desta caracterização teórica, todos os métodos desenvolvidos estão baseados nos conceitos de Justiça e Equidade entre os jogadores. Neste ponto a discussão se divide entre trabalhos voltados a composições de acordos estratégicos e trabalhos voltados a distribuição justa dos ganhos.

Dentre um conjunto de métodos voltados a distribuição justa de ganhos, o principal trabalho é de Shapley (1953), que constrói uma regra de alocação baseada em quatro axiomas. Esta regra, corriqueiramente denominada de Valor de Shapley, será descrita adiante. Outras formas de alocação de recursos também surgiram após o Valor de Shapley, tais como o conceito de Nucléolos (SCHMEIDLER, 1969) que se baseiam em princípios próprios de alocação justa, ver González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010).

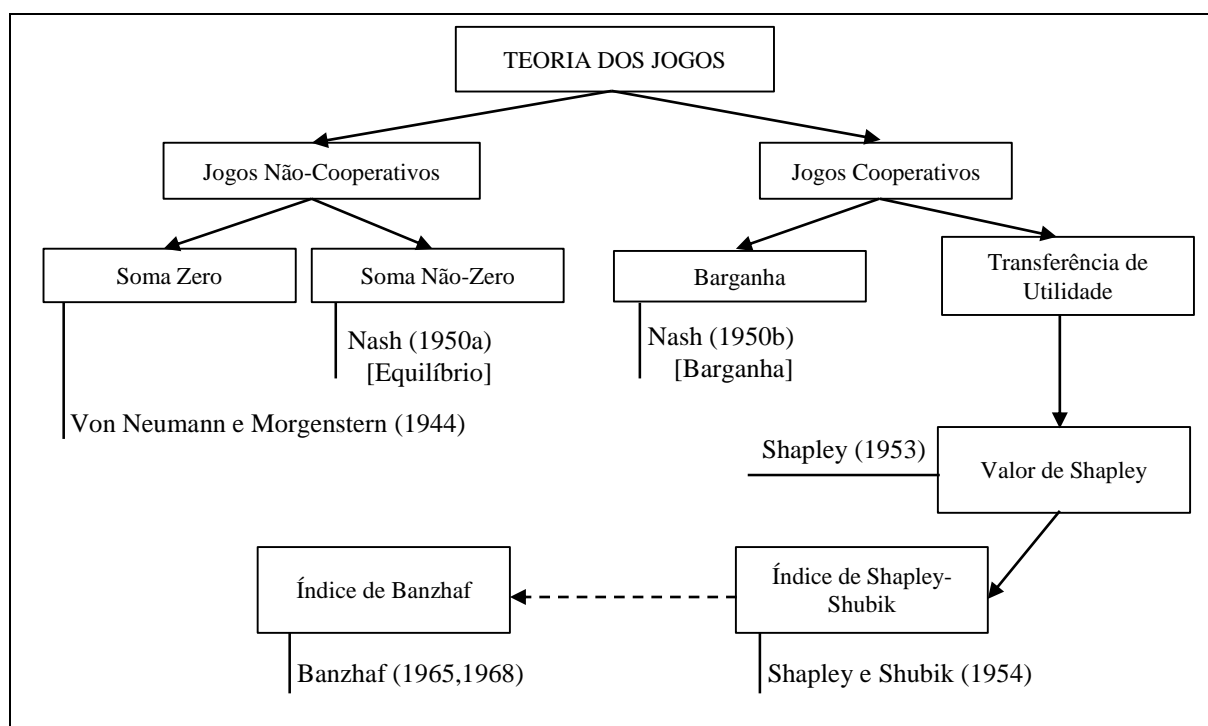
Estudando a situação do Congresso Norte Americano, e a estrutura de aprovação das leis, Shapley e Shubik (1954), adaptaram o Valor de Shapley, para situações que von Neumann e Morgenstern (1944) descrevem como *Simple Games*, também conhecido pelos autores como “*Voting Problems*”. Este valor apresentado por Shapley-Shubik (1954) descreve uma regra de

alocação de poder, dentre um conjunto de regras que são costumeiramente chamadas de Índices de Poder.

Banzhaf (1965) realizou um estudo das Câmaras Legislativas estaduais dos Estados Unidos, considerando que o poder não é proporcionalmente distribuído entre jogadores/eleitores dado o número de votos a ele associado. Os modelos de Shapley e Shubik (1954) e Banzhaf (1965), por mais que trabalhem com situações similares, em sua essência são distintos, tendo em vista suas suposições para a construção do modelo também o são.

Estes dois índices de poder citados, são os principais modelos de acordo com a literatura. Sendo o principal deles o índice de Shapley-Shubik. Existem outros índices tais como o índice de Coleman (1971), entretanto para este estudo, serão tratados apenas os dois principais. A Figura 6, apresenta um mapa do posicionamento epistemológico dos índices de poder frente a Teoria dos Jogos.

**Figura 6 – Mapa epistemológico da Teoria dos Jogos**



Fonte: elaborado com base em Luce e Raiffa (1957) e González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010).

Dentro deste contexto histórico e epistemológico, é possível perceber em qual estrutura de jogos os Índices de Poder estão inseridos. Neste capítulo serão construídos axiomáticamente os índices dentro de suas especificidades. Inicialmente serão descritas as características que envolvem os Jogos com Transferência de Utilidade (TU-Games), levando em conta que este é o conjunto macro de aplicação dos jogos de poder. Em seguida é descrita a construção do Valor

de Shapley de alocação de recursos. Na terceira seção deste capítulo se descreve a estrutura dos Jogos de Maioria Ponderada. E por fim, os Índices de Poder utilizados neste estudo.

### 2.3.1 Jogos com Transferência de Utilidade

Conforme mencionado anteriormente, a Teoria dos Jogos Cooperativos possui um ramo de estudo, denominado de Jogos de Utilidade Intransferível. Estes por sua vez, apresentam duas subcategorias principais, i) Problemas de Barganha e ii) Problemas Com Transferência de Utilidade. O segundo conjunto de problemas está ligado a problemas de distribuição dos ganhos obtidos por uma coalizão, dado que a mesma tenham se concretizado (GONZÁLEZ-DÍAZ; GARCÍA-JURADO; FIESTRAS-JANEIRO, 2010).

Será denotado para isso que o conjunto total de jogadores é  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ . Diferentemente da Teoria dos Jogos Não-Cooperativos, que analisa o comportamento estratégico de cada jogador de forma individual, bem como, dos Jogos de Barganha para duopólios, descritos por Nash (1950b, 1951), em jogos com  $n$  jogadores destaca-se um outro elemento importante denominado coalizão. As coalizões são uniões formadas por jogadores, tendo fundamental importância na teoria dos jogos cooperativos. Admite-se  $S \subset N$ , onde  $S$  é uma Coalizão. Além disso  $|S|$  ou  $s$  denota o número de jogadores que compõem a coalizão  $S$ .  $N$  pode ser entendido como a Grande Coalizão, quando todos os jogadores entram em um acordo em conjunto.

A formação de diferentes coalizões entre os  $N$  jogadores pode impor certas atribuições (boa parte destas por conta da formação de acordos), o problema gerado é a repartição dos benefícios entre os jogadores, dada a existência de cooperação entre eles (formação de coalizões).

Dos Jogos de Utilidade Intransferível (NTU-Games) é possível trazer algumas definições importantes para o contexto dos Jogos com Transferência de Utilidade (TU-Games):

**Definição 4.1** – Um Jogo de Utilidade Intransferível (NTU-Game) de  $n$ -jogadores é um par  $(N, V)$ , onde  $N$  é o número de jogadores e  $V$  é a função que atribui, para cada coalizão  $S \subset N$ , um conjunto  $V(S) \in \mathbb{R}^S$ . Por convenção,  $V(\emptyset) = \{0\}$ . Bem como, para cada  $S \subset N$  e  $S \neq \emptyset$ :

- i)  $V(S)$  é um subconjunto fechado e não vazio de  $\mathbb{R}^S$

- ii)  $V(S)$  é um conjunto Abrangente. Além disso, para cada  $i \in N$ ,  $V(\{i\}) \neq \mathbb{R}$ , ou seja, existe  $v_i \in \mathbb{R}$ , tal que  $V(\{i\}) = (-\infty, v_i]$ .
- iii) O conjunto  $V(S) \cap \{y \in \mathbb{R}^S : \text{para cada } i \in S, y_i \geq v_i\}$  é limitado

Entende-se por conjunto abrangente um conjunto  $A \subset \mathbb{R}^S$ , dado uma coalizão  $S \subset N$ , se para cada par  $x, y \in \mathbb{R}^S$ , tal que  $x \in A$  e  $y \leq x$ , tem-se que  $y \in A$ . Além disso, a Borda Abrangente é o menor conjunto abrangente que contém  $A$ .

É possível observar que o conjunto  $\mathbb{R}^S$  é o conjunto de resultados que todos os jogadores pertencentes a coalizão  $S$ , podem obter para si. Dentro deste contexto ainda existem implicações referentes a função de utilidade, que podem ser obtidas por meio das preferências de cada jogador para com o conjunto de resultados da coalizão  $S$ . González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010) destacam que a definição de um NTU-Game varia de acordo com a descrição de diferentes autores, dada a existência de aspectos bem específicos do ambiente de jogo.

**Definição 4.2** – Sendo  $(N, V)$  um NTU-Game, então, os vetores de  $\mathbb{R}^N$  são chamados de Alocações. Uma alocação  $x \in \mathbb{R}^N$  é factível se existe uma partição  $\{S_1, \dots, S_k\}$  de  $N$  que satisfaça a condição de que para cada  $l \in \{1, \dots, k\}$ , existe  $y \in V(S_l)$ , tal que, para todo  $i \in S_l$ , tem-se  $y_i = x_i$ .

Esta definição permite afirmar que a distribuição de ganhos em jogos com cooperação é definida com base na partilha de benefícios internos das coalizões estabelecidas. Isso implica que a distribuição deve levar em consideração todas as possíveis partições existentes para o conjunto  $N$ . Além do mais, as definições trazidas acima, são amplas e consequentemente pouco estudadas de forma geral. A literatura traz trabalhos focados em áreas mais específicas do conhecimento em NTU-Game.

Neste momento é possível explorar melhor a definição de Jogos Com Transferência de Utilidade (TU-Game). Um TU-Game pode ser definido como:

**Definição 4.3** – Um TU-Game é um par  $(N, v)$ , onde  $N$  é o conjunto de jogadores e  $v: 2^N \rightarrow \mathbb{R}$  é a função característica do jogo. Por conveniência  $v(\emptyset) = 0$ .

Não é significativa a diferença existente entre os NTU-Game e os TU-Game. Considera-se apenas que um TU-Game, pode ser obtido por meio de uma coalizão  $S$  e uma alocação  $x \in V(S) \subset \mathbb{R}^S$  em que os jogadores da coalizão  $S$  podem impor todas as atribuições possíveis a partir de  $x$  por meio da transferência de utilidade entre os jogadores da coalizão dada, também

contida  $V(S)$ . Ao caracterizar  $V(S)$  por um único valor, é possível obter  $v(S) = \max_{x \in V(S)} \sum_{i \in S} x_i$ , que denota do valor da coalizão  $S$  para o jogo.

Por conveniência será adotada a seguinte notação para os jogos:  $G^N$  determina uma classe de TU-Games com  $n$ -jogadores; O valor da coalizão  $\{i\}$ , será dado por  $v(i)$  ao invés de  $v(\{i\})$  que seria a notação correta. Também destaca-se que para coalizões do tipo  $\{i, j\}$  o valor do jogo será dado por  $v(ij)$ , por simplificação.

A partir destas considerações referentes a definição dos TU-Games, é possível estabelecer que:

**Definição 4.4** – Seja  $(N, v) \in G^N$  e  $S \subset N$ . Sendo restrito de  $(N, v)$  para a coalizão  $S$ , esta é definida como um TU-Game  $(S, v_S)$ , onde, para cada  $T \subset S$ ,  $v_S(T) = v(T)$ .

Algumas definições adicionais servem para caracterizar melhor o conjunto dos TU-Games. Cada definição traz uma especificidade importante para as situações de aplicação da teoria.

**Definição 4.5** - Um TU-game  $v \in G^N$  é superaditivo se, para cada coalizões  $S, T \subset N$ , com  $S \cap T = \emptyset$ ,

$$v(S \cup T) \geq v(S) + v(T)$$

É comum na literatura que se denote por  $SG^N$  o conjunto dos jogos superaditivos. Quanto a definição, é possível perceber que um jogo superaditivo oferece aos jogadores reais incentivos para a cooperação. Ou seja, os ganhos de ambos os jogadores tende a aumentar ou no máximo manter-se inalterados. A definição lança como discussão quando os ganhos de cooperação aumentam, como deve ser feita a alocação dos resultados de uma forma justa.

Definições secundárias podem ser apresentadas, para caracterização de TU-Games de forma mais específica:

**Definição 4.6** – Um TU-Game  $v \in G^N$  é fracamente superaditivo se, para cada jogador  $i \in N$  e cada coalizão  $S \subset N \setminus \{i\}$ ,  $v(S \cup \{i\}) \geq v(S) + v(i)$

**Definição 4.7** – Seja os TU-Games  $v, w \in SG^N$ ,  $w$  é Cobertura Superaditiva de  $v$  se, existir uma partição de  $S$  em um série de conjuntos não vazios  $\{T_1, T_2, \dots, T_k\}$ , tal que:  $T_1 \cup T_2 \cup \dots \cup T_k = S$  e para  $\forall j, \forall l \neq j, T_j \cap T_l = \emptyset$ . Considerando  $\mathcal{P}(S)$  o conjunto de todas as partições de  $S$ , então a cobertura superaditiva  $w$  sobre  $v$  é a partição que satisfaz a equação:

$$w(S) = \max \left\{ \sum_{j=1}^k v(T_j) \mid \{T_1, \dots, T_k\} \in \mathcal{P}(S) \right\}, \forall S \subseteq N$$



Desta definição, é possível estabelecer que a cobertura superaditiva sempre gerará o maior valor de retorno para a coalizão estabelecida.

**Definição 4.8** – Um TU-Game  $v \in G^N$  é aditivo se, para cada jogador  $i \in N$  e cada coalizão  $S \subset N \setminus \{i\}$ ,  $v(S) + v(i) = v(S \cup \{i\})$ .

Esta definição leva a considerar o jogo aditivo puro onde dada  $S \subset N$ ,  $v(S) = \sum_{i \in S} v(i)$

**Definição 4.9** – Um TU-Game é Monotônico se, para cada par  $S, T \subset N$ , com  $S \subset T$ , tem-se  $v(S) \leq v(T)$ .

As definições apresentadas nesta seção, possibilitam entender sobre quais situações os jogos trabalhados nesta tese se fundamentam. Os aspectos investigados, referente a teoria dos jogos, abordam uma investigação macro no tocante a cooperação de jogadores. De maneira geral os TU-Games, segundo Myerson (1997), são comumente utilizados pela existência da função característica  $v$  que associa a cada coalizão seu valor. O principal intuito existente dentro do conjunto TU-Games é estabelecer formas de distribuição do valor da coalizão para seus membros. González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010) destacam alguns modelos existentes, no que diz respeito a distribuição de valor da coalizão, os autores destacam o Valor de Shapley (SHAPLEY, 1953) como um dos modelos principais.

A seção seguinte descreve a construção teórica do Valor de Shapley, visto que ao se trabalhar com jogos de poder, os modelos, e principalmente o Índice de Shapley-Shubik, tratam-se de um caso específicos de sua aplicação.

### 2.3.2 Valor de Shapley

O Valor de Shapley é uma regra de alocação, ou de distribuição, descrita inicialmente por Loyd Shapley em 1953 em seu artigo publicado em “*Annals of Mathematics Studies*” sob o título de “*A Value for n-Person Games*”. Neste trabalho o autor tenta estabelecer uma regra de distribuição dos ganhos obtidos por uma coalizão, quando há cooperação entre os jogadores. Esta regra seria uma extensão do conceito de Jogos de Barganha descrito por Nash (1950b). No estudo de Shapley (1953) o conceito de distribuição dos ganhos está diretamente associado à ideia de um valor justo que caracterize o peso da contribuição dada por um jogador sobre os ganhos da coalizão.

Inicialmente é possível definir que uma regra de alocação em um TU-Game, é uma aplicação de  $\phi: G^N \rightarrow \mathbb{R}^N$ .

Em busca desta regra de alocação Shapley (1953) estabelece que: sendo  $N$  o universo de jogadores que definem um jogo,  $v$  uma função de utilidade definida como superaditiva, conforme apresentado na Definição 6, que associa qualquer subconjunto de jogadores em  $N$  (Coalizão), a um número real chamado de Valor da Coalizão. Desta forma é possível formular alguns conceitos iniciais, tais como:

- i)  $v(\emptyset) = 0$
- ii) Para qualquer  $S, T \subseteq N$  tem-se:  $v(S) \geq v(S \cap T) + v(S - T)$

A ideia original destas condições principalmente no caso da primeira definição considera-se que dos ganhos totais de um jogo, nenhum montante será desprezado na distribuição dos recursos. Isto é indicado pelo conjunto vazio representando esta coalizão. A segunda condição dá ideia de que a divisão de uma coalizão, não gera coalizões com ganhos maiores do que os ganhos gerados pela própria. Desta forma, os ganhos máximos em um jogo qualquer com  $n$  jogadores podem gerar no máximo um valor do jogo  $v(N)$ .

Deve-se admitir também, o que Shapley (1953) chama de *Carrier*, ou conjunto Suporte, definido em um jogo  $v$ . O *Carrier* trata-se de um conjunto  $U \subseteq N$ , tal que:

$$v(S) = v(U \cap S)$$

para qualquer coalizão  $S \subseteq N$ . A ideia do *Carrier* é que existe um conjunto de jogadores em uma coalizão  $S$  que sozinhos correspondem ao valor total da coalizão. Desta forma é possível perceber que os jogadores pertencentes ao conjunto  $\{S - (U \cap S)\}$  não interferem nos ganhos desta coalizão, não devendo receber nenhuma fração dos ganhos do jogo. O Valor de Shapley será diferente de zero para os jogadores pertencentes ao conjunto  $\{U \cap S\}$ , cuja ausência de qualquer um dos jogadores implicará na perda de valor para a coalizão.

Seja ainda,  $\Pi(N)$  o conjunto de todas as permutações possíveis para o conjunto de jogadores  $N$ . É possível definir uma função específica  $\pi: N \rightarrow N$ , de forma que existe um elemento  $i \in N$  tal que  $\pi(i) = j$ . Ainda se admitirmos o jogo  $v$ , este tem representação direta no conjunto imagem, de  $\pi$ , de forma que exista  $\pi v$  definido como:

$$\pi v(\{\pi(i) | i \in S\}) = v(S)$$

Implicando que o valor da coalizão  $S$  é invariante para qualquer permutação dos jogadores. Esta definição será essencial para se obter o número de coalizões possíveis em um jogo, e mais tarde ajudará a entender a ideia de Shapley para como se formam as coalizões em um Problema de

Votação. Cabe ressaltar que esta definição de funções de permutação é uma explanação, mais clara, feita por Mayerson (1991) do que foi tratado por Shapley (1953).

Conforme definido inicialmente, uma regra de alocação de ganhos, ou valor  $\phi[v]$  é uma função que associa o jogo  $G^N$  ao conjunto de valores reais  $\mathbb{R}^N$

A partir destas considerações, Shapley (1953) estabeleceu três axiomas específicos para a alocação de ganhos para um jogo. Estes axiomas, para alguns autores como González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010) destacam as condições de existência de uma distribuição justa de ganhos. Os Axiomas seguem:

**Axioma 4.1** (Simetria): Para qualquer função de permutação  $\pi \in \Pi(N)$ , sendo que para  $i \in N$ , tem-se  $\pi(i) = j$ , deve ser verificável que  $\phi_{\pi i}[\pi v] = \phi_j[v]$ .

**Axioma 4.2** (Eficiência): Para cada *Carrier* ( $U$ ) pertencentes ao jogo  $G^N$ , os resultados da função valor devem ser tais que:  $\sum_{i \in N} \phi_i[v] = v(N)$ .

**Axioma 4.3** (Aditividade): Para cada  $v, w \in G^N$ , uma regra de alocação deve existir tal que:  $\phi[v + w] = \phi[v] + \phi[w]$

Estes axiomas estabelecem alguns critérios básicos que devem ser seguidos. De forma mais simplificada é possível estabelecer, conforme o primeiro axioma, que todos os jogadores, não importando qual a ordem de agregação a uma coalizão, terão o mesmo peso sobre o valor. Além disso, é necessário perceber que o primeiro axioma também destaca que jogadores com mesmo grau de contribuição devem receber valor idêntico, sendo este o primeiro fator de justiça a ser seguido. O axioma de eficiência destaca que o conjunto total de valores atribuídos para todos os jogadores, deve contemplar todo o valor obtido no jogo. E por fim o terceiro axioma estabelece que considerando um jogo onde estejam mantidos o conjunto de jogadores e as regras de negociação, havendo dois valores de jogo a distribuição deve ser aditiva, ou seja, os ganhos de cada jogo são somados.

Estas interpretações referentes aos axiomas de Shapley (1953) são geradas a partir de comentários presentes nos trabalhos de Luce e Raiffa (1957), Myerson (1997) e González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010).

Dos axiomas, no trabalho de Shapley (1953), é construída a função de alocação, conhecida por muitos por Valor de Shapley, de forma dedutiva. Nesta tese será verificado apenas o resultado obtido pelo autor, que apresenta a prova do Teorema 4.1, dado abaixo:

**Teorema 4.1** – Existe uma única função  $\phi: G^N \rightarrow \mathbb{R}^N$ , que satisfaz os axiomas da Simetria, Eficiência e Aditividade. Esta função é definida pela seguinte equação:

$$\phi_i[v] = \sum_{S \subseteq N} \frac{(|S| - 1)! (|N| - |S|)!}{|N|!} [v(S) - v(S - \{i\})]$$

Onde:  $|S|$  e  $|N|$  simbolizam o número de jogadores existentes na coalizão  $S$  e no conjunto total de jogadores  $N$ , respectivamente. Também,  $v(S)$  e  $v(S - \{i\})$  representam os ganhos das coalizões  $S$  e  $S - \{i\}$ , respectivamente.

Mesterton-Gibbons (2000) definem o Valor de Shapley como  $\phi_i[v] = [v(S) - v(S - \{i\})] \text{Prob}(Y_i = T) = E[v(Y_i) - v(Y_i - \{i\})]$ . Assim como outras releituras feitas por Myerson (1997) e González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010).

Para ilustrar o Valor de Shapley, é interessante pensar em uma situação possível de se verificar. Este exemplo segue de forma aproximada o que foi proposto por Roth e Verrecchia (1979) e posteriormente reapresentado por Bezerra, Grande e Silva (2009) em outra situação, quando descrevem a distribuição de custos entre departamentos de uma empresa.

Assumindo o caso em que existem três setores de uma empresa, cada um com seu modelo de negócio diferenciado dos demais. A decisão a ser tomada pela empresa é como contratar os serviços de limpeza? Caso a empresa decida setorizar o sistema de limpeza, isto geraria custos respectivos a R\$ 12.000,00 para o Setor 1, R\$ 18.000,00 para o Setor 2 e R\$ 22.000,00 para o Setor 3. É possível também, realizar um negócio com a parceria de dois setores. Neste caso se o contrato conjunto for feito entre os Setores 1 e 2 o custo do contrato será de R\$ 25.000,00; para os Setores 1 e 3 o valor pago será de R\$ 29.000,00; considerando um contrato entre os Setores 2 e 3 o valor pago é de R\$ 35.000,00. É possível ainda um contrato geral, que estabeleça os serviços de limpeza para os três setores conjuntamente, o que seria acordado em R\$ 40.000,00.

Verifica-se que contratar o sistema setorizado é mais caro para a empresa, do que o contrato feito conjuntamente, visto que ao se somar os valores pagos para cada contrato individualmente se chega a R\$ 52.000,00. O mesmo ocorre para contratos em colaboração entre dois setores apenas, onde em todos os casos o valor total dos contratos será de R\$ 47.000,00. Assim, o mais vantajoso para a empresa é fazer um único contrato para os três setores. A

discussão está em como dividir os valores a serem pagos por cada setor da empresa. Aplicando o Valor de Shapley os cálculos são os seguintes:

O valor de cada coalizão é definido  $v(1) = 12$ ,  $v(2) = 18$ ,  $v(3) = 22$ , além de  $v(12) = 25$ ,  $v(13) = 29$ ,  $v(23) = 35$  e  $v(123) = 40$ . A distribuição do montante final para cada setor é dada por:

Setor 1:

$$\begin{aligned}\phi_1[v] &= \frac{(3-1)!(3-3)!}{3!} [v(123) - v(23)] + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} [v(12) - v(2)] \\ &\quad + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} [v(13) - v(3)] + \frac{(1-1)!(3-1)!}{3!} [v(1) - v(\emptyset)] \\ \phi_1[v] &= \frac{2}{6} [40 - 35] + \frac{1}{6} [25 - 18] + \frac{1}{6} [29 - 22] + \frac{2}{6} [12 - 0] = 8\end{aligned}$$

Setor 2:

$$\begin{aligned}\phi_2[v] &= \frac{(3-1)!(3-3)!}{3!} [v(123) - v(13)] + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} [v(12) - v(1)] \\ &\quad + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} [v(23) - v(3)] + \frac{(1-1)!(3-1)!}{3!} [v(2) - v(\emptyset)] \\ \phi_2[v] &= \frac{2}{6} [40 - 29] + \frac{1}{6} [25 - 12] + \frac{1}{6} [35 - 22] + \frac{2}{6} [18 - 0] = 14\end{aligned}$$

Setor 3:

$$\begin{aligned}\phi_3[v] &= \frac{(3-1)!(3-3)!}{3!} [v(123) - v(12)] + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} [v(13) - v(1)] \\ &\quad + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} [v(23) - v(2)] + \frac{(1-1)!(3-1)!}{3!} [v(3) - v(\emptyset)] \\ \phi_3[v] &= \frac{2}{6} [40 - 25] + \frac{1}{6} [29 - 12] + \frac{1}{6} [35 - 18] + \frac{2}{6} [22 - 0] = 18\end{aligned}$$

Desta forma, o vetor de distribuição de recursos é dado por  $\phi[v] = [\phi_1, \phi_2, \phi_3] = [8, 14, 18]$ . Para o caso, a solução de Shapley determina que o Setor 1 pague R\$ 8.000,00 do contrato de limpeza da empresa, o Setor 2 pague R\$ 14.000,00 e o Setor 3 pague R\$ 18.000,00, que totalizam os R\$ 40.000,00 do contrato. Esta totalização do valor do contrato é a verificação do axioma de eficiência onde se verifica que a soma dos valores de Shapley é igual ao valor do jogo.

Além da aplicação descrita no exemplo acima, e do que descreveu Bezerra, Grande e Silva (2009), existem outros trabalhos como Zhang, Wang e Da (2014) que apresentaram a construção do valor de Shapley para utilização na distribuição de cotas de emissão de carbono para toda a China. No trabalho os autores buscaram uma aplicação do modelo de Shapley (1953) para construir um planejamento de emissão de Carbono na atmosfera por região do país estudado. O estudo feito pelos autores verificou a distribuição da meta para cada província da China com o intuito do cumprimento da meta de emissão do referido gás.

A maioria dos estudos apresentados em periódicos internacionais apresentam descrições teóricas do modelo de Shapley. Alguns focam na revisão da axiomatização do valor apresentado em 1953. Muitos dos casos são descritos como exemplos para jogos genéricos em que as situações devem ser encaixadas. No próprio trabalho de Shapley (1953) o autor teoriza sobre a aplicação do índice em alguns modelos de jogos em especial nos Jogos de Votação, também conhecidos como *Simple Games*. A característica deste conjunto de jogos já havia sido discutida por Von Neumann e Morgenstern (1944). Sobre estes jogos está baseada para a construção dos Índices de Poder. A seguir são descritas as propriedades desta construção dos Jogos de Votação.

### 2.3.3 *Voting Games*

*Voting Games* (Jogos de Votação), ou também chamados de *Simple Games*, ou ainda *Weighted Majority Games* (Jogos de Maioria Ponderada), caracterizam um conjunto de jogos baseados em sistemas de votação. Podendo ser sistemas com número de votos igualmente distribuídos entre os eleitores, ou sistemas de votação onde cada eleitor possua um valor específico de votos. Algumas obras como González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010) chamam estes modelos de Problemas de Votação (*Voting Problems*). Von Neumann e Morgenstern (1944) já dedicaram um capítulo do seu livro à caracterização destas situações de jogo. Estes problemas são muito associados à negociação e por isso o estudo dos referidos autores se dedicou a definições mais específicas e algumas abordagens referentes às estratégias utilizadas pelos jogadores.

Para caracterização dos modelos de votação, Laruelle e Valenciano (2005) destacam a existência de dois elementos básicos que devem ser considerados. O primeiro elemento é a regra de votação existente. O segundo elemento é o conjunto de jogadores. Para os autores a regra de votação especifica o processo de tomada de decisão, ou seja, ela estabelece quando um

projeto será aprovado ou rejeitado dependendo diretamente da configuração de votos obtida. Os eleitores participam do jogo considerando a condição de seu voto, e segundo um pensamento estratégico, seus votos estão associados a variáveis aleatórias diretamente influenciadas pela regra de votação. Outros trabalhos discutiram o conceito de problemas de votação, como Laruelle e Valenciano (2001, 2002, 2003), Albizuri e Laurelle (2013), entre outros. A seguir serão descritos alguns conceitos fundamentais de Jogos de Votação descritos nos trabalhos supracitados.

### 2.3.3.1 Regra de Votação

De acordo com Laurelle e Valenciano (2005) uma regra de votação é um procedimento bem definido para a tomada de decisão em grupo por meio de votos, sendo indiferente o número de membros da comissão. Assumindo que o número de votantes é  $n$ , denota-se a rotulagem destes como “assentos” dos elementos  $1, 2, \dots, n$  pertencentes a  $N$ . Cabe destacar que se entende por votantes, e/ou eleitores o mesmo que jogadores. Uma vez apresentada a proposta, os eleitores formulam seus votos e votam. Será considerada apenas a possibilidade de voto nas opções ou “SIM” ou “NÃO”. É possível denotar por configuração de voto a forma como cada eleitor votou, no caso onde o voto seja aberto. Os problemas de voto secreto não são estudados, por não configurarem a existência de interação entre os eleitores.

Ao considerar a dicotomia na opção de voto, é possível construir todas as configurações de votos, ou também podendo ser chamadas de coalizões, como  $2^n$ . Cada combinação de voto será representada pelo número de votos favoráveis a aprovação. Além disso, representa-se por  $S$  o conjunto de todos os eleitores que votaram pela aprovação, entendendo-a como a coalizão formada para a aprovação do projeto. Considerando  $N$  como o conjunto universo dos eleitores, sabendo que  $S \subseteq N$ , por analogia temos  $S^C$  como o conjunto de eleitores que votaram contra o projeto. Desta forma, conclui-se que se um eleitor (jogador)  $i$  votar na opção “SIM”, é correto afirmar que  $i \in S$ . Além disso, se o eleitor  $i$  votar contra a proposta então  $i \notin S$  ou ainda  $i \in S^C$ .

Uma regra para uma votação (jogo) com  $N$  é bem especificada se oferecer o devido entendimento de quais condições devem ser satisfeitas para que o projeto seja aprovado. Isso implica que ao se definir a regra de um jogo, é necessário conhecer todas as configurações de

votos que levaram a aprovação do projeto. A estas configurações de voto dá-se o nome de coalizões vencedoras. Ao se representar por  $V$  o conjunto de todas as coalizões vencedoras para uma votação com  $N$  eleitores, segundo Laruelle e Valenciano (2005), é possível estabelecer três condições importantes para este conjunto: i)  $N \in V$ ; ii)  $\emptyset \notin V$ ; e iii) Se  $S \in V$ , então  $T \in V$  caso  $T$  contenha a coalizão  $S$ .

Estas condições levam a algumas reflexões. Para a primeira condição destaca que deve existir pelo menos uma coalização vencedora, mesmo que seja a unanimidade dos eleitores. A segunda leva a considerar que uma proposta nunca é aprovada sem que, pelo menos, um eleitor seja favorável. Já, a terceira condição indica a possibilidade de existir uma coalizão vencedora mínima, ou seja, aquela que qualquer outra coalizão que a contenha também será vencedora.

Considerando estas condições referentes as regras de votação, é possível definir uma configuração mínima vencedora como:

**Definição 4.10** – Uma coalizão, ou configuração de votos, é minimamente vencedora se, para  $S \in V$ , é possível verificar que  $(S - \{i\}) \notin V$  para todo  $i \in S$ .

Laurelle e Valenciano (2005) não explicitam em seu trabalho, como pode ser descrita uma regra de votação onde existe a variação do número de votos para cada jogador. De forma mais contemporânea Jelnov e Tauman (2014), trabalharam com a ideia de um sistema de votação ponderado, em uma aplicação na Holanda considerando o poder que cada partido obteve com as eleições no passar do tempo.

Adaptando esta ideia ao que foi trabalhado por Laurelle e Valenciano (2005), é possível abrir margem para a definição, dada a seguir, referente as regras de votação com variação no número de votos entre os eleitores. Estes jogos são melhor descritos pelo nome de Jogos de Maioria Ponderada. De acordo com Bolger (1982) uma regra de votação para Jogos de Maioria Ponderada pode ser definida como:

**Definição 4.11:** Um Jogo de Maioria Ponderada é qualquer jogo  $v \in S^N$  que possua uma quota  $q$  de aprovação, e um sistema de pesos não negativos  $p_1, p_2, \dots, p_n$  associados a cada um dos eleitores, tal que

$$v(S) = \begin{cases} 1 & \text{se e somente se, } \sum_{i \in S} p_i \geq q \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$



Sendo  $S$  qualquer coalizão formado pelos jogadores, ou eleitores, do sistema de votação.

A definição trazida, quando comparada com a definição de Laurelle e Valenciano (2005), deve esclarecer que quando  $v(S) = 1$ , a coalizão  $S$ , é dita vencedora. Caso  $v(S) = 0$  a coalizão  $S$  de eleitores que aprovam o projeto, é denominada perdedora.

Considerando o que foi apresentado nesta seção sobre as regras de votação, para o entendimento completo dos jogos de votação é preciso entender o segundo aspecto importante, o jogador/eleitor. Mais importante ainda para se definir os indicadores de poder, é entender, sob o aspecto do eleitor, quando ele é Bem-Sucedido e quando é Decisivo. Estes conceitos são apresentados a seguir.

### 2.3.3.2 Eleitor Bem-Sucedido e Eleitor Decisivo

Em uma votação, o papel de um jogador pode ser entendido por dois focos importantes. O primeiro estabelece que um jogador pode ser Bem-sucedido ou Mal-sucedido em sua estratégia de votação. O segundo aspecto existente, estabelece que um jogador pode ser Decisivo ou Irrelevante. Estes conceitos serão importantes para a construção dos índices de poder.

A definição a seguir pode ser vista em Laurelle e Valenciano (2005, p. 175):

**Definição 4.12** – Após a tomada de decisão baseada em uma regra de votação, cujo conjunto de coalizões vencedoras é denotado por  $V$ , se a coalizão vencedora é  $S$ , e  $i \in N$ :

- i) O Eleitor (Jogador)  $i$  é dito Bem-sucedido se a decisão tomada pelo grupo coincidir com o voto de  $i$ , isso, se e somente se:  
 $(i \in S \in V)$  ou  $(i \notin S \notin V)$
- ii) O Eleitor (Jogador)  $i$  é dito Decisivo se ele for Bem-sucedido e seu voto for crítico para a tomada de decisão, ou seja:  
 $(i \in S \in V \text{ e } (S - \{i\}) \notin V)$  ou  $(i \notin S \notin V \text{ e } (S \cup \{i\}) \in V)$

O único índice de poder que não utilizou desta definição, de maneira explícita, é o índice de Shapley-Shubik, pelo fato que referido método utiliza o conceito de valor da coalizão. Ou seja, se um jogador  $i$  pertence a coalizão  $S$  que é uma coalizão vencedora, ou seja  $v(S) = 1$ ,

então  $i$  é um jogador Bem-sucedido. Assim como, se  $i \in S$  e se  $v(S) = 1$  e  $v(S - \{i\}) = 0$  então é verdadeiro afirmar que  $i$  é decisivo.

Complementarmente, em alguns Jogos de Maioria Ponderada é possível a existência de um Ditador. Isso significa a existência um jogador  $i$  tal que  $v(i) \geq q$ , significando que seu peso de votação seja igual o maior do que a cota. Neste caso o Ditador sempre é Bem-sucedido e decisivo em qualquer votação. É comum observar estas situações de jogos em conselhos de acionistas de uma empresa, se um destes acionistas é majoritário, então ele pode ser visto como um ditador, conforme definição apresentada acima.

As definições trazidas até o momento são importantes para a construção da ideia que permeia os índices de poder, principalmente os índices clássicos como Shapley-Shubik e Banzhaf. A seção seguinte destina-se a apresentar a construção teórica destes dois índices, considerando seus principais fundamentos e resultados.

#### 2.3.4 Índices de Poder

Os índices de poder são definidos de acordo com Jelnov e Tauman (2014) como a probabilidade de que um jogador seja decisivo em uma coalizão aleatória, passando esta coalizão do *status* de perdedor para o *status* de coalizão vencedora. Existem dois índices de poder admitidos pela literatura como principais, a saber: Índice de Shapley-Shubik e Índice de Banzhaf. A diferença segundo os autores é que, o índice de Banzhaf considera a probabilidade de constituição de uma coalizão independente de seu tamanho, enquanto que o índice de Shapley-Shubik considera a probabilidade de constituição de uma coalizão que varia de acordo com seu tamanho.

A seguir são descritos de forma individual os dois indicadores de poder mais tradicionalmente utilizados na literatura; sendo o primeiro o Índice de Shapley, Shubik (SHAPLEY; SHUBIK, 1954), o segundo o Índice de Banzhaf (BANZHAF, 1965).

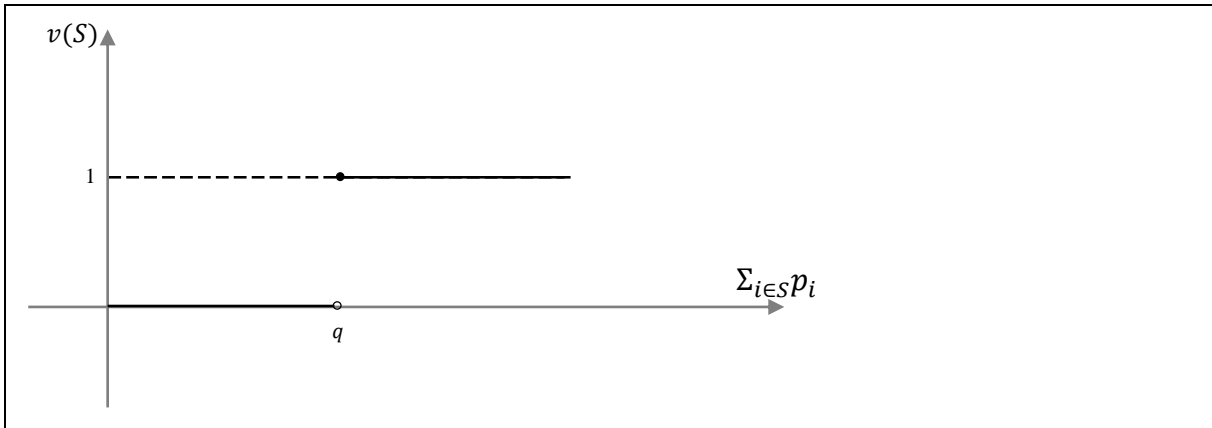
#### 2.3.4.1 Índice de Shapley-Shubik

Introduzido inicialmente pelo artigo de título “*A method for evaluating the distribution of power in a committee system*” publicado na “*The American Political Science Review*” no ano de 1954, os autores pretendiam investigar como ocorria a distribuição de poder em comissões, no caso do congresso americano. Os autores assumiram que um projeto, para ser aprovado, deveria ter apoio de metade da Câmara de Deputados, apoio de metade do Senado e a concordância do Presidente do Congresso Americano. Desta maneira, como cada membro do congresso possuía um voto, a conclusão dos autores era de que cada deputado possui um peso menor em seu voto, em comparação com os membros do Senado, que possuíam poder menor do que o poder do presidente do congresso. A formulação do artigo não descreveu nenhuma estrutura matemática mais rebuscada. O objetivo do artigo foi mesmo apresentar uma situação de cooperação em um jogo de votação.

Vários pesquisadores descrevem matematicamente com maior robustez, o método de Shapley-Shubik para a distribuição do poder entre os membros de uma comissão. Entretanto o índice descrito de forma intuitiva por Shapley e Shubik (1954) está robustamente definido como um caso específico do Valor de Shapley (SHAPLEY, 1953). As discussões propostas nos estudos que seguiram, são algumas reinterpretações dos axiomas de Shapley (1953). O trabalho considerado com maior apelo teórico envolvido é o de Dubey (1975) que definiu algumas informações importantes a respeito do índice de poder, principalmente na substituição do axioma da aditividade. Para o caso dos jogos de votação podem ser citados trabalhos como Feltkam (1995), Laruelle e Valenciano (2001), Laruelle e Valenciano (2003), Einy e Haimanko (2011), entre outros trabalhos.

Novamente pode-se definir o índice de Shapley-Shubik admitindo que a função de utilidade é definida por meio de uma dicotomia de valores, tal que o valor limitante é definido como a soma do conjunto de votos. Se este somatório alcançar um valor cota ( $q$ ), estipulado pela regra de votação, a coalizão  $S$  é definida como vencedora, logo  $v(S) = 1$ . Caso a coalizão  $S$  seja perdedora temos que  $v(S) = 0$ . A Figura 7 destaca a interpretação gráfica da função de utilidade.

**Figura 7 - Gráfico da função de utilidade da coalizão S**



Fonte: elaborado pelo autor.

Os axiomas definidos por Shapley (1953) são três: Simetria, Eficiência e Aditividade. A axiomatização mais funcional apresentada para o índice de Shapley-Shubik foi descrita por Laruelle e Valenciano (2001), que agregaram a substituição do axioma da aditividade pelo axioma da transferência descrito por Dubey (1975). Pode-se assumir que um Jogo de Votação, denotado como  $SG^N$ , que contempla uma regra de votação e um conjunto de jogadores ( $N$ ), deve assumir as seguintes características:

**Axioma 4.4 (Simetria):** Para todo  $v \in SG^N$ , existe alguma permutação  $\pi$  de  $N$ , e algum  $i \in N$ , tal que:

$$\phi_i(\pi v) = \phi_{\pi(i)}(v)$$

Onde  $(\pi v)(S) = v(\pi S)$ .

**Axioma 4.5 (Elemento Nulo):** Para algum  $v \in SG^N$  e algum  $i \in N$ , se  $i$  é um jogador nulo (sem poder de voto) no jogo  $v$ , então  $\phi_i(v) = 0$ .

**Axioma 4.6 (Eficiência):** Para todo  $v \in SG^N$ ,

$$\sum_{i \in N} \phi_i(v) = 1$$

**Axioma 4.7 (Transferência):** Para algum  $v, w \in SG^N$  tal que  $v \vee w \in SG^N$ ,

$$\phi(v) + \phi(w) = \phi(v \wedge w) + \phi(v \vee w)$$

Onde  $(v \wedge w) := \min\{v(S), w(S)\}$  e  $(v \vee w) := \max\{v(S), w(S)\}$ .

Seguindo a definição do Valor de Shapley, o índice de Shapley-Shubik é definido também conforme a equação:

$$\phi_i(v) = \sum_{S \subseteq N} \frac{(|S| - 1)! (|N| - |S|)!}{|N|!} [v(S) - v(S - \{i\})]$$

Onde  $|S|$  denota a cardinalidade da coalizão  $S$  em estudo,  $|N|$  denota a cardinalidade do conjunto  $N$  de eleitores. É possível perceber que o modelo considera apenas as coalizões cujo jogador, ou eleitor,  $i$  é fundamental para a aprovação do projeto. Haja vista que: i) se a coalizão  $S$  não for vencedora na votação ( $v(S) = 0$ ), a coalizão  $S - \{i\}$  também não será ( $v(S - \{i\}) = 0$ ), logo  $v(S) - v(S - \{i\}) = 0$ . ii) Caso  $S$  seja uma coalizão vencedora ( $v(S) = 1$ ), e a coalizão  $S - \{i\}$  também seja vencedora ( $v(S - \{i\}) = 1$ ), tem-se que  $v(S) - v(S - \{i\}) = 0$ , ou seja, as permutações da coalizão  $S$  também serão desconsideradas. Por fim, iii) se a coalizão  $S$  é vencedora ( $v(S) = 1$ ), e a coalizão  $S - \{i\}$  não ( $v(S - \{i\}) = 0$ ), tem-se que  $v(S) - v(S - \{i\}) = 1$ , apenas neste caso as permutações são contadas. Ao ocorrer este caso (iii),  $i$  é chamado de *swing* ou  $i$  é chamado de decisivo.

Um resultado apontado por alguns autores, como é o caso de Dubey (1975) e Laurelle e Valenciano (2001), é dado a seguir:

**Teorema 4.2** – O Índice de Shapley-Shubik é a única regra de alocação definida em  $SG^N$  que satisfaz os Axiomas 4.4 (Simetria), 4.5 (Jogador Nulo), 4.6 (Eficiência) e 4.7 (Transferência).

**Demonstração:** Como o Índice de Shapley-Shubik (SHAPLEY; SHUBIK, 1954) é oriundo em sua fórmula do Valor de Shapley (SHAPLEY, 1953), a prova de que este índice satisfaz os axiomas da Simetria, Jogador Nulo e Eficiência, é oriundo do resultado de Shapley (1953). Basta aqui provar que o Índice de Shapley-Shubik satisfaz a propriedade da Transferência. Adaptando a demonstração de Dubey (1975), será admitido  $W^m$  como o conjunto das coalizões minimamente vencedoras, ou seja, o conjunto de todas as coalizões que depende de todos os seus jogadores. A demonstração seguirá por indução matemática.

Supondo que existe apenas uma coalizão minimamente vencedora, denotada por  $w^{S_1}$ , é possível verificar que  $v = w^{S_1}$ , considerando  $|W^m| = 1$ . Assumindo que  $\phi(v) + \phi(v) = \phi(v \vee v) + \phi(v \wedge v)$ , que cumpre a propriedade. Admitindo que para  $|W^m| = k - 1$ , a propriedade se verifica, temos que para  $W^m = \{w^{S_2}, \dots, w^{S_k}\}$ , e assim é aceito que  $\hat{v} = w^{S_2} \vee w^{S_3} \vee \dots \vee w^{S_k}$ .

Admite-se então que  $v = w^{S_1} \vee \hat{v} = w^{S_1} + \hat{v} - w^{S_1} \wedge \hat{v}$ . Desta maneira ao se aplicar o valor de Shapley para a expressão, temos:  $\phi(w^{S_1} \vee \hat{v}) = \phi(w^{S_1} + \hat{v} - w^{S_1} \wedge \hat{v})$ . Em seu trabalho Shapley (1953) determinou a lei da aditividade ao seu valor, que se aplica a este modelo por se tratar de um caso especial da regra de distribuição de Shapley. Assim,  $\phi(w^{S_1} \vee \hat{v}) = \phi(w^{S_1}) + \phi(\hat{v}) - \phi(w^{S_1} \wedge \hat{v})$ , que confirma a propriedade.

■

Em linhas gerais, o Índice de Shapley-Shubik considera a construção de uma coalizão até o momento em que a adição de um jogador  $i$  a coalizão, passa-a de um *status* perdedor para um *status* vencedor. Neste caso  $i$  é dito *pivot*. E a pressuposição que melhor diferencia este índice do Índice de Banzhaf, é que em uma coalizão  $S$ , onde  $i$  é *pivot*, o número de influência de  $i$  é dado pelo número de permutações possíveis entre os demais jogadores da coalizão.

Além das pesquisas supracitadas, que se dedicaram a estrutura teórica do índice de Shapley-Shubik, existem pesquisas que aplicaram este índice em alguns ambientes de votação. Estas pesquisas serão apresentadas posteriormente em um tópico referente às pesquisas anteriores. Ainda, a forma de se obter o Índice para uma situação específica, será apresentada em uma seção do capítulo de resultados da pesquisa, quando se fará a descrição do método de simulação para obtenção dos valores.

#### 2.3.4.2 Índice de Banzhaf

O Índice de Banzhaf, foi descrito inicialmente por John F. Banzhaf III, em um artigo de 1965 publicado no periódico “*Rutgers Law Review*” sob o título de “*Weighted Voting Doesn’t Work: A Mathematical Analysis*”. Banzhaf tenta mostrar que em alguns estados os eleitores possuem maior representatividade do que em outros, considerando as Câmaras Estaduais.

O autor também publicou no ano de 1968 no periódico “*Villanova Law Review*”, sob o título de “*One Man, 3312 Votes: A Mathematical Analysis of Electoral College*”, onde descreve os desvios existentes no Colégio Eleitoral Americano. Para Banzhaf alguns Estados possuem maior representação do que o potencial da população de eleitores imprime.

Segundo Banzhaf (1965, 1968) o que pesquisas estabelecem é a distribuição proporcional de cadeiras em uma comissão, porém segundo o autor, a distribuição proporcional

não é justa, visto que muitas vezes prejudica algumas alas em detrimento das demais. Se comparada esta afirmação, com os axiomas definidos por Laurelle e Valenciano (2001), a distribuição proporcional fere o axioma do Jogador Nulo. Pois, pode haver algum jogador não decisivo em nenhuma coalizão, que segundo o axioma não deveria receber nenhum pagamento, e que seguida a distribuição proporcional existiria a alocação de recursos para este jogador. Dessa forma, não apenas os índices de poder de Banzhaf ou Shapley-Shubik se justificam como todos os demais.

Nos estudos apresentados por Banzhaf (1965,1968) a construção do modelo é intuitiva e não formal. Tem-se como marco da formalização do índice de Banzhaf o trabalho de Dubey e Shapley (1979). Neste estudo foi descrita a caracterização do modelo considerando as implicações previstas na Teoria dos Jogos, sob a óptica dos *Simple Games* de Von Neumann e Morgenstern (1944). Posteriormente outros trabalhos também se dedicaram a este estudo, gerando algumas adaptações, como o caso de Bolger (1982), Lehrer (1988), Feltkamp (1995), Nowak (1997), Nowak e Radzik (2000), Laruelle e Valenciano (2001), Alonso-Meijide, Fiestras-Janeiro e Carreras (2002), Malawski (2002), Laruelle e Valenciano (2003), Barua, Chakravarty e Roy (2005), Dubey, Einy e Haimanko (2005), Barua, Chakravarty e Sarkar (2009), Van Den Brink (2010), Casajus (2012) entre outras pesquisas.

É possível caracterizar o Índice de Banzhaf, assumindo algumas condições. Seja  $N$  o conjunto de jogadores de um TU-Game, que segue a condição de superaditividade, ou seja, dadas duas coalizões  $S$  e  $T$  contidas em  $N$ , é possível verificar que  $v(S \cup T) \geq v(S) + v(T)$  sempre que  $S \cap T = \emptyset$ . Rotula-se cada jogador na forma  $1, 2, \dots, n$ , e que a interação é possível para todos os jogadores. Por se tratar de um Jogo de Votação, é possível verificar que se  $T = N - S$ , então  $v(S) + v(N - S) \leq 1$ , para todo  $S$ , visto que  $v(N) = 1$  por definição.

Ainda considerando, uma coalizão  $S$  é dita “PERDEDORA” se  $v(S) = 0$  e “VENCEDORA” se  $v(S) = 1$ . Assim, um jogador  $i$  é assumido como “swing” se para um par de coalizões  $S$  e  $S - \{i\}$ , verifica-se que  $S$  é uma coalizão vencedora e  $S - \{i\}$  é uma coalizão perdedora. Em termos da Função de Utilidade é possível considerar, como feito no Índice de Shapley-Shubik, que  $v(S) - v(S - \{i\}) = 1$ .

Denota-se por  $\eta_i(v)$  o número de coalizões em que o jogador  $i$  é *swing*, considerando o conjunto de coalizões a que  $i$  faz parte. Pode-se obter este valor assumindo:

$$\eta_i(v) = \sum_{S \in N} [v(S) - v(S - \{i\})]$$

O número total de *swings* é definido por  $\bar{\eta}(v) = \sum_{i=1}^n \eta_i(v)$ . É possível a existência de um jogador *dummy*, tal que  $\eta_i(v) = 0$ .

Verifica-se, também, que  $\eta_i(v)$  não possui fechamento quanto ao axioma da eficiência de Shapley, ou seja  $\bar{\eta}(v) \neq v(N) = 1$ , este valor é identificado por González-Díaz, García-Jurado e Fiestras-Janeiro (2010) como Índice Bruto de Banzhaf. Dubey e Shapley (1979) apresentaram duas formas possíveis de normalização para este indicador. A primeira é chamada pelos autores de Índice Normalizado de Banzhaf sua construção é definida por:

$$\beta_i(v) = \frac{\eta_i(v)}{\bar{\eta}(v)}$$

Esta normalização é utilizada para problemas onde o valor total de  $\beta_i(v)$  é sempre igual a 1.

Outra padronização possível, é a geradora o Índice de Banzhaf, definido como a probabilidade de um jogador  $i$  ser *swing* em uma coalizão. Este valor normalizado é estabelecido assumindo:

$$Bz_i(v) = \frac{\eta_i(v)}{2^{n-1}}$$

Percebe-se que  $2^{n-1}$  denota o número de coalizões em que o jogador  $i$  pode ser decisivo ou *swing*. Esta caracterização é mais comum em livros de teoria dos jogos com foco em jogos de poder.

Admitindo, de forma semelhante ao Índice de Shapley-Shubik, a axiomatização do Índice de Banzhaf satisfaz o seguinte Teorema.

**Teorema 4.3** – O Índice de Banzhaf é a única regra de alocação de poder  $\phi$  em  $SG^N$  qua satisfaz:

- i) (Jogador *dummy*) Se  $i$  é um *dummy* em  $v$  então  $\phi_i(v) = 0$ ;
- ii) (Simetria) Para alguma permutação  $\pi$  definida em  $N$ ,  $\phi_{\pi(i)}(\pi v) = \phi_i(v)$ ;
- iii) (Transferência) Para o par de jogos  $v, w \in SG^N$ ,  $\phi(v \vee w) + \phi(v \wedge w) = \phi(v) + \phi(w)$ ; e
- iv) (Soma de Banzhaf)  $\sum_{i=1}^n \phi_i(v) = \frac{\bar{\eta}(v)}{2^{n-1}}$

**Demonstração:** A prova é semelhante ao que foi apresentado para o Índice de Shapley-Shubik e pode ser encontrada no trabalho de Dubey e Shapley (1979, p.104-105).

■

É possível perceber que a condição da Soma de Banzhaf é utilizada em substituição a condição de Eficiência exigida no Índice de Shapley-Shubik. Cabe destacar que as mesmas



propriedades não se verificam para o Índice de Banzhaf Normalizado, haja vista que para dois jogos  $v, w \in S$  podem implicar em  $\bar{\eta}(v) \neq \bar{\eta}(w)$  e por isso ferindo a propriedade da Transferência. Por outro lado, o Índice Normalizado de Banzhaf cumpriria o axioma da eficiência estabelecido por Shapley (1953).

#### 2.3.4.3 Aplicações dos Índices de Shapley-Shubik e Banzhaf

Alguns estudos que aplicaram os Índices de Poder são, de certa forma, clássicos. Isso pelo fato de serem situações constantemente analisadas. Após as aplicações seminais de Shapley, Shubik (1954) no Parlamento Americano, Banzhaf (1965) em Câmaras Estaduais e Banzhaf (1968), é comum verificar pesquisadores da área de Ciências Políticas aplicando os métodos em suas pesquisas. Como exemplo, pode ser citado o estudo de Felsenthal e Machover (1997) que afirmam ser o Índice de Banzhaf o mais apropriado para situações de votação, como o Conselho de Ministros da União Européia, ambiente de aplicação do estudo. A seguir são descritas algumas pesquisas que aplicaram diretamente os métodos em sua estratégia de análise dos dados.

Um dos primeiros trabalhos a aplicar os Índices de Poder, Bindseil e Hantke (1997), utilizou o Índice de Shapley-Shubik (ressalta-se que no estudo os autores chamam apenas de Índice de Shapley) para avaliar o poder de voto de cada membro das comissões de representação da União Européia. Os autores investigaram as diferenças de poder entre duas legislaturas, onde a organização passou de 12 cadeiras para 15 cadeiras. Os resultados apontaram que com a inserção de outros três membros, todos de baixa expressão política, a disparidade de poder entre os países com maior expressão política para os de menor expressão política, aumentou. Outro resultado apresentado mostrou que em eleições que exigem consenso, o poder é igualitariamente distribuído.

Felsenthal e Machover (1997) também estudaram a caracterização do poder exercido por cada país no conselho de ministros da União Europeia. Esta análise foi realizada considerando um estudo longitudinal tendo como base a incorporação de novos países. Conforme citado anteriormente, estes autores afirmam que o Índice de Banzhaf é mais coerente para aplicação em sistemas de votação. Isso, agregada a possibilidade de obtenção de indicador de capacidade de resposta, definido por Dubey e Shapley (1979). Este indicador oferece uma escala de 0 a 1 onde 0 indica uma regra muito rígida que exige a unanimidade entre os eleitores

e 1 uma regra mais flexível muito próxima da maioria simples. Os resultados apresentados indicam o oposto do ocorrido com o estudo descrito anteriormente, haja vista que com a agregação de novos elementos a tendência seria de equalização do poder entre os membros do conselho.

Aleskerov et al. (2002) discutiram os impactos da agregação de outros 12 países na União Europeia sobre os Índices de Poder, obtidos tanto pelo método de Shapley-Shubik como por Banzhaf. Os resultados apontam para uma forte redução no poder dos principais membros, e maior equalização entre os demais, corroborando com Felsenthal e Machover (1997). O estudo também fez a previsão da distribuição do poder com a entrada da Turquia na União Europeia, onde os resultados não afetaram significativamente a conjuntura de poder entre os países.

Em 2002, também Bilbao et al. (2002) divulgaram um estudo que tem por foco calcular os índices de poder para grandes jogos. Um dos resultados da pesquisa foi que a função de tempo computacional para o cálculo do índice é dada por  $O(n2^{n-1})$ . Com base nisso os autores descrevem um algoritmo de resolução baseado em Funções Geradoras. Os resultados foram descritos por meio do cálculo do poder de cada país da União Europeia sobre o seu conselho de ministros.

Laruelle e Valenciano (2002) apresentaram um estudo que descreve a desigualdade existente entre a população dos diferentes países da União Europeia, ou seja, há países onde o grau de representação de um habitante é maior do que em outros. A discussão foi fundamentada na construção do Índice de Banzhaf para o período de 1958 a 1999. A ideia principal do trabalho foi de que, a construção de uma regra de votação, ou da distribuição de assentos, deve levar em consideração a população de cada país.

Balsmeier, Bermig e Dilger (2013) avaliam o poder da representação dos empregados nos conselhos de administração de empresas alemãs. Os autores utilizaram os Índices de Shapley-Shubik e de Banzhaf para mensurar o poder que os empregados possuem dentro de cada comitê. Os resultados apontaram para uma relação negativa do poder dos empregados nas decisões para com o índice de desempenho de mercado, Q de Tobin. Também como resultado da pesquisa, verificou-se que em empresas onde o poder é de moderado a fraco, o valor de mercado da corporação tende a ser maior.

Outro trabalho que estuda a aplicação dos Índices de Poder em comissões eleitorais ou comitês de representação é o de Jelnov e Tauman (2014). Os autores provam que em um “parlamento”, conforme aumenta o número de partidos presentes, a distribuição de poder tende

a se equalizar ou tender a distribuição proporcional de poder. Em um exemplo empírico os autores mostraram como isto afetou a constituição do parlamento da Holanda de 1918 e 2010.

Estas foram algumas pesquisas que aplicaram a ideia dos Índices de Poder sobre comissões de votação. O que se propõem neste trabalho é que a comissão seja formada por todos os Hospitais Universitários ligados ao MEC, e que seu poder de voto seja definido sobre seu desempenho obtido frente ao seu grupo. Esta distribuição, conforme construído os conceitos de valores de alocação e valores de poder, acarretariam em uma distribuição igualitária e justa sobre o aspecto do desempenho de gestão.

### 3 MÉTODOS DE PESQUISA

Este capítulo dedica-se a descrição do processo de pesquisa empírica realizado nessa tese para que sua problemática seja atendida. Destaca-se para tanto, que o objetivo da pesquisa é Modelar a conciliação dos *Voting Games*, por meio dos Índices de Poder de Shapley-Shubik e Banzhaf, aos problemas de alocação de recursos com base no desempenho para Hospitais Universitários participantes do REHUF.

Este capítulo é dividido em seis seções, sendo a primeira destinada ao delineamento metodológico da pesquisa quanto ao seu caráter, objetivo, procedimentos e abordagem do problema. A segunda seção busca descrever a população e a amostra utilizada na pesquisa. A terceira seção descreve os dados utilizados para a pesquisa, o conjunto de indicadores utilizados e como foram coletados. A seção quatro é dedicada à descrição dos procedimentos de análise dos dados da pesquisa, com foco nos métodos aplicados, que complementam a aplicação dos modelos teóricos já descritos anteriormente. A seção cinco resume a trajetória operacional da pesquisa, considerando o processo de investigação e atendimento de seus objetivos.

#### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Este estudo pode ser caracterizado como uma pesquisa de caráter dedutivo, assumindo o que destaca Marconi e Lakatos (2011, p.110) “Método Dedutivo – que, partindo das teorias e leis, na maioria das vezes prediz a ocorrência dos fenômenos particulares [...]”. Desta maneira, a pesquisa pode ser entendida sobre este enfoque, pois intenciona a formulação de um modelo de distribuição de recursos, obtido por meio de teorias isoladas entre si, porém pré-existentes.

A segunda caracterização desta pesquisa é quanto ao seu objetivo. Conforme Gil (2010), uma pesquisa pode ser caracterizada por meio de seu objetivo como exploratória, descritiva ou explicativa. Sob esta perspectiva, o presente estudo pode ser definido como uma pesquisa exploratória, pois busca modelar a distribuição de recursos com base na composição de métodos e modelos não conciliados anteriormente.

Quanto aos procedimentos, é possível caracterizar esta pesquisa como documental por utilizar dados previamente publicados pelos Hospitais Universitários e buscar um tratamento mais aprofundado com técnicas de análise mais robustas. Segundo Gil (2010) a pesquisa de

procedimentos documentais utiliza dados secundários para a construção do modelo, enquanto que pesquisas de levantamento utilizam dados coletados a partir de fenômenos observados diretamente pelo próprio pesquisador. Como este estudo se baseia em dados disponibilizados pelos hospitais, ele pode ser considerado documental.

Esta pesquisa ainda pode ser delineada como uma pesquisa de caráter quantitativo, justamente por sua natureza de aplicação de métodos numéricos a sistemas de distribuição de recursos. Richardson (1999) defende que a pesquisa quantitativa se caracteriza pela busca de ferramentas quantitativas para atender seus objetivos. Desta forma como são utilizados modelos de apoio a decisão multicritério, métodos de simulação numérica para obtenção de índices de poder, este estudo se auto define como uma pesquisa quantitativa.

### 3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Para a efetivação do estudo, foram analisados os Hospitais Universitários Federais vinculados diretamente ao Ministério da Educação (MEC) a partir do ano de 2010. Neste ano a matriz de distribuição de recursos era definida por outra portaria, a de nº 1.310 de 10 de novembro de 2010. O estudo se ateve apenas as instituições federais por estas fazerem parte do REHUF.

O universo da pesquisa compreende 45 instituições hospitalares vinculadas a 32 Universidades Federais. O Quadro 3 descreve o conjunto total de instituições, sua localização macrorregional e a instituição de ensino superior a qual está vinculada.

**Quadro 3 - População da pesquisa**

	<b>Região</b>	<b>Universidade Vinculada</b>	<b>Hospital Universitário</b>	<b>Sigla</b>
01	Norte	Universidade Federal do Amazonas	HU Getúlio Vargas	UFAM-HU
02		Universidade Federal do Pará	HU Betina Ferro de Souza	UFPA-BF
03			HU João de Barros Barreto	UFPA-HU
04	Centro Oeste	Universidade Federal do Goiás	Hospital das Clínicas	UFG-HC
05		Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	HU Maria Aparecida Pedrossian	UFMS-HU
06		Universidade Federal de Mato Grosso	HU Júlio Müller	UFMT-HU
07		Universidade de Brasília	Hospital Universitário	UNB-HU
08		Universidade Federal de Grande Dourados	Hospital Universitário	UFGD-HU

*Continua...*

Continuação...

09	Nordeste	Universidade Federal de Alagoas	HU Prof. Alberto Antunes	UFAL-HU
10		Universidade Federal da Bahia	HU Prof <sup>o</sup> Edgard Santos	UFBA-HU
11			Maternidade Climério de Oliveira	UFBA-Mat
12			HU Walter Cantídio	UFC-HU
13		Universidade Federal do Ceará	Maternidade Escola Assis Chateaubriand	UFC-ME
14			HU Alcides Carneiro	UFCG-HU
15		Universidade Federal do Maranhão	Hospital Universitário	UFMA-HU
16		Universidade Federal da Paraíba	HU Lauro Wanderley	UFPB-HU
17		Universidade Federal de Pernambuco	Hospital das Clínicas	UFPE-HC
18			HU Ana Bezerra	UFRN-HUAB
19		Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Hospital de Pediatria Prof. Heriberto Ferreira Bezerra	UFRN-PFB
20			HU Onofre Lopes	UFRN-HUOL
21			Maternidade Escola Januário Cicco	UFRN-ME
22		Universidade Federal de Sergipe	Hospital Universitário	UFS-HU
23	Sul	Fundação Universidade Federal do Rio Grande	HU Dr. Miguel Riet Correa Junior	FURG-HU
24		Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Hospital de Clínicas de Porto Alegre	HCPA
25			Hospital de Clínicas	UFPR-HC
26		Universidade Federal do Paraná	Maternidade Vitor Ferreira do Amaral	UFPR-MVFA
27			Hospital Escola	UFPEL-HE
28		Universidade Federal de Santa Catarina	HU Polydoro Ernani de São Thiago	UFSC-HU
29		Universidade Federal de Santa Maria	Hospital Universitário	UFSM-HU
30	Sudeste	Universidade Federal do Espírito Santo	HU Cassiano Antonio de Moraes	UFES-HU
31		Universidade Federal Fluminense	HU Antonio Pedro	UFF-HU
32			HU Clementino Fraga Filho	UFRJ-HU
33		Universidade Federal do Rio de Janeiro	Hospital Escola São Francisco De Assis	UFRJ-HESFA
34			Inst. de Doenças do Tórax	UFRJ-IDT
35			Inst. Puer. Ped. Martagão Gesteira	UFRJ-IPPMG
36			Instituto de Ginecologia	UFRJ-IG
37			Instituto de Neurologia Deolindo Couto	UFRJ-INDC
38			Instituto de Psiquiatria	UFRJ-IP
39			Maternidade Escola	UFRJ-ME
40		Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	HU Gaffrée e Guinle	UNIRIO-HU
41		Universidade Federal de Juiz de Fora	Hospital Universitário	UFJF-HU
42		Universidade Federal de Minas Gerais	Hospital de Clínicas	UFMG-HC
43		Universidade Federal do Triângulo Mineiro	Hospital Escola	UFTM-HE
44		Universidade Federal de Uberlândia	Hospital de Clínicas	UFU-HC
45		Universidade Federal de São Paulo	Hospital São Paulo	UNIFESP-HSP

Fonte: Ministério da Educação.

Conforme a Quadro 3, verifica-se que do total de 45 instituições analisadas, 35 são efetivamente hospitais universitários, 4 (quatro) maternidades, 5 (cinco) institutos de especialidades e 1 (um) hospital pediátrico. Neste contexto, 3 hospitais estão situados na região Norte, 5 na região Centro-Oeste, 14 no Nordeste, 7 na região Sul e 16 na região Sudeste.

Para a aplicação da pesquisa, todos os HUs foram considerados na amostra, haja vista que todos os hospitais disponibilizaram seus indicadores de desempenho. Este seria o único critério que acarretaria a retirada de um HU da amostra utilizada. Desta forma, os dados utilizados para análise são descritos na seção seguinte.

### 3.3 DADOS DA PESQUISA

Foram utilizadas as informações necessárias para a construção dos indicadores presentes na matriz de distribuição dos recursos estabelecida pela portaria nº 538 de 14 de junho de 2013. As informações obtidas junto à comissão do REHUF, responsável pela distribuição dos recursos, referem-se ao ano de 2010 quando era vigente outra portaria de distribuição. Desta maneira, os dados de 2010 foram utilizados para a verificação do sistema de distribuição dos recursos, a distribuição, conforme amparo legal foi recalculado de acordo com a nova resolução.

Os indicadores brutos utilizados são estabelecidos pela referida portaria. Abaixo o Quadro 4 apresenta o conjunto dos 16 indicadores analisados, como são obtidos e qual dimensão representam.

**Quadro 4 - Indicadores utilizados na pesquisa**

<b>Dimensão</b>	<b>Indicador</b>	<b>Mensuração</b>
Perfil e Porte	Número de Leitos Ativos	Valor Observado
	Número de Leitos de UTI	Valor Observado
	Partos de Alto Risco	Valor Observado
	Salas de Cirurgia	Valor Observado
	Número de Habilitações	Valor Observado
Gestão	Taxa de Ocupação	$\frac{\text{Número de Pacientes}}{\text{Número de Leitos}}$
	Taxa Média de Permanência	$\frac{\text{Número de Paciente}}{\text{Número de Saídas}}$
	Número de Funcionários por Leito	$\frac{\text{Número de Funcionários}}{\text{Número de Leitos}}$

*Continua...*

Continuação...

Ensino e Pesquisa	Número de Alunos por Docente	$\frac{\text{Número de Alunos}}{\text{Número de Docente}}$
	Número de Docentes por Residentes	$\frac{\text{Número de Docentes}}{\text{Número de Residentes}}$
	Número de Pesquisas por Docente	$\frac{\text{Número de Pesquisa}}{\text{Número de Docentes}}$
	Número de Internações por Aluno de Medicina	$\frac{\text{Número de Internações}}{\text{Número de Alunos}}$
	Número de Internações por Residente	$\frac{\text{Número de Internações}}{\text{Número de Residentes}}$
Integração com o SUS	Porta de Entrada	0 – Caso não haja 0,5 – Se Pronto Atendimento Maternidade 1 – Se Pronto Atendimento 2 – Se Pronto Socorro
	Contratualização	Sim – 1 Não - 0
	Número de Habilitações	Valor Observado

Fonte: Brasil (2013).

Este conjunto de indicadores foi escolhido por ser definido junto à portaria do MEC, assim afasta-se o viés, inserido pelo pesquisador, na escolha de informações que poderiam ser empregados a pesquisa. No Quadro 4 foram descritos os indicadores e a forma de obtenção dos mesmos. Cabe destacar que a matriz de distribuição dos recursos segue o que foi descrito na seção 2.3, quando se apresentou detalhadamente o processo legal de distribuição dos recursos. O que diferencia esta análise é a não aplicação das transformações apresentadas na portaria. O processo de análise dos dados será, por sua vez, apresentado na seção seguinte.

### 3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

O processo de análise dos dados segue a sequência dos objetivos específicos da pesquisa. Inicialmente são apresentados os resultados do modelo de Simulação de Monte Carlo, utilizado na mensuração dos Índices de Poder, aplicado a uma situação hipotética. Estes resultados servem para validar o modelo frente aos Índices obtidos de forma precisa. Em um segundo momento descreve-se o modelo de distribuição dos recursos por meio da Matriz de Distribuição Oficial utilizada pelo programa REHUF. Nos terceiro, quarto e quinto momentos da análise dos dados, são apresentados os indicadores de desempenho obtidos por meio dos métodos T-ODA, TOPSIS, VIKOR e PROMETHEE II. Para esta construção também se utilizou a Entropia da Informação de Shannon. De posse dos índices de desempenho, calculou-se os índices de poder segundo o modelo de simulação de Monte Carlo destacado anteriormente.



Por fim, comparou-se o desempenho dos métodos de alocação dos recursos propostos por este trabalho e pelo modelo estabelecido na portaria nº538.

Para a compreensão geral dos métodos utilizados nesta tese, apresentam-se de forma objetiva as principais ferramentas aplicadas. Cabe ressaltar que os Métodos de Apoio Multicritério a Decisão, T-ODA, TOPSIS, VIKOR e PROMETHEE II foram descritos no terceiro capítulo da tese, bem como a construção dos Índices de Poder. Desta maneira, nesta seção são descritos: o modelo de simulação utilizado; a descrição da entropia da informação; além dos testes de comparação realizados.

### 3.4.1 Modelo de Simulação de Monte Carlo

Segundo Hammersley e Handscomb (1964) o método de simulação de Monte Carlo veio para ser uma alternativa aos modelos tradicionais de cálculo explorados até o século XX. Um dos primeiros matemáticos a considerar esta possibilidade foi John Von Neumann quando utiliza métodos probabilísticos no estudo da possibilidade de ocorrência de um fenômeno. Com o advento dos computadores programáveis, os modelos de simulação ganharam força junto a matemática, pesquisa operacional e física experimental.

A simulação de Monte Carlo é um método numérico muito conhecido para a solução de problemas que busca averiguar possíveis resultados de um experimento considerando componentes aleatórios na determinação de um fenômeno (NEWMAN; BARKEMA, 1999). Para Dimov (2008) a simulação de Monte Carlo é uma poderosa ferramenta numérica para diferentes campos da matemática, sendo dada uma estimativa estatística a uma variável aleatória considerando uma função densidade de probabilidade associada.

Desta maneira, a concepção mais importante para este método é o processo de modelagem e estruturação da simulação computacional, considerando para tanto a definição das variáveis de decisão. O algoritmo utilizado para os cálculos foi elaborado como função do *software Matlab*.

Justifica-se a utilização deste modelo como forma de estimação dos índices de poder, o grande número de combinações necessárias para a análise e obtenção dos dados. Conforme mencionado no Capítulo 1, o número de combinações analisadas para o estudo de um comitê de 20 membros é de 20!. Para o índice de Shapley-Shubik e de  $2^{20}$  para o índice de Banzhaf. Desta forma, este estudo busca um método alternativo para a estimação destes índices, e a

Simulação de Monte Carlo é comumente citada em estudos voltados a esta temática, principalmente após o trabalho de Shapley (1960). Outros trabalhos descrevem a simulação como um bom instrumento para mensuração dos índices, pode-se ver em Leech (2003), Zuckerman et al. (2012), Benati, Rizzi e Tovey (2015) entre outros.

O modelo simulação de Monte Carlo construído para este estudo considera os seguintes passos:

**Passo 1:** gerar  $n$  variáveis aleatórias sendo que cada uma delas representa um eleitor. São simulados valores aleatórios para todas as  $n$  variáveis, considerando em todos os casos a distribuição Uniforme Contínua  $X_i \sim U(0,1)$ .

**Passo 2:** Avalia-se se o valor da variável aleatória  $X_i$ , gerado aleatoriamente, se for inferior a 0,5, então assume-se que o eleitor  $i$  não pertence a coalizão que aprova o projeto. Caso o valor da variável aleatória  $X_i$ , gerado aleatoriamente, for igual ou superior a 0,5, assume-se que o eleitor  $i$  pertence a coalizão que aprova o projeto.

**Passo 3:** Calcula-se o coeficiente de votação da coalizão simulada. O cálculo é dado pela multiplicação do vetor de participação da coalizão com o vetor de distribuição de votos. O escalar gerado é comparado com a quota de aprovação, se este for maior do que a cota de aprovação  $q$ , a coalizão será considerada, caso contrário ele será desprezada.

Até este passo, o modelo de simulação é idêntico para o Índice de Banzhaf e para o Índice de Shapley-Shubik. A partir deste ponto a construção dos índices seguem passos distintos:

**Passo 4 (Shapley-Shubik):** para a construção do índice de Shapley-Shubik considera-se uma coalizão vencedora onde  $i$  é um eleitor decisivo, ou seja, quando  $i$  faz parte da coalizão ela é vencedora e quando ele não faz parte ela é perdedora. Calcula-se então  $\frac{(m-1)!(n-m)!}{n!}$  como o número de permutações possíveis que formam coalizões onde o jogador  $i$  é decisivo. O poder do jogador  $i$  é admitido como a soma de todas as permutações de todas as coalizões simuladas. Ao final, o Índice de Poder de Shapley-Shubik é obtido pela divisão do total de permutações de  $i$  em todas as coalizões simuladas para com o total de permutações de todos os jogadores da amostra.

**Passo 4 (Banzhaf):** para o Índice de Banzhaf é considerado apenas o número de coalizões a qual o jogador  $i$  é decisivo. A padronização é feita com base no número de *swing* de um jogador dividido pela soma do número de *swings* de todos os jogadores. Este indicador permite a comparação com o índice de poder padronizado de Banzhaf e não com o índice de

Banzhaf, isso pelo fato de que este padroniza o indicador dividindo o número de observações de *swing* por  $2^{n-1}$ , conforme apresentado na seção 4.4.2.

### 3.4.2 Entropia da Informação

Para a utilização dos Métodos de Apoio a Decisão Multicritério muitas vezes se faz necessária a aplicação de pesos que diferencie cada um dos critérios utilizados. Existem diferentes métodos para a estimação dos pesos, como por exemplo, o método Delphi, que trabalha com um levantamento junto a especialistas no problema de decisão em questão. Cabe o destaque que todos os referidos métodos possuem influência direta de subjetividade do decisor, por isso uma alternativa diferenciada para esta etapa é a utilização de um dos métodos estudados junto a teoria da informação. Para a mensuração objetiva de pesos, a Entropia de Shannon é uma alternativa que se baseia no grau de desordem de uma variável, de acordo com o conjunto, para a obtenção da utilidade da informação de cada critério (LI et al., 2011).

O método de entropia da informação nesta pesquisa é descrito conforme apresentado por Zeleny (1982). Admitindo  $m$  como o número de observações e  $n$  como o número de critérios, o valor observado  $x_{ij}$  é referente a  $i$ -ésima observação do  $j$ -ésimo critério. Inicialmente elimina-se a escala dos critérios assumindo que:

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_j x_{ij}} & \text{Se o } j\text{-ésimo critério for de Benefício} \\ \frac{\min_j x_{ij}}{x_{ij}} & \text{Se o } j\text{-ésimo critério for de Custo} \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Após padronizados os dados é possível calcular a entropia da informação considerando os valores  $r_{ij}$  padronizados. De acordo com a definição, a entropia do  $j$ -ésimo critério pode ser definida como:

$$H_j = - \frac{\sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij}}{\ln m}$$

$$\text{Onde } f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}.$$

Esta entropia calculada mede o quanto de conformidade cada critério possui, ou seja, quanto mais parecidas são as observações, o grau de entropia tende a 1, analogamente quanto maior for a dispersão da informação menor será o indicador de entropia.

Baseado nesta medida é possível a obtenção do peso informacional de cada critério considerando para tanto o valor calculado da entropia. O método de cálculo é descrito a seguir. Seja  $w_j$  o peso da informação para o critério  $j$  tem-se:

$$w_j = \frac{1 - H_j}{m - \sum_{j=1}^n H_j}$$

É possível perceber que  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ . Os pesos da informação representam o grau de utilidade de uma variável ou critério considerando sua variação. Entende-se que critérios com variação mais forte, devem ser mais considerados do que critérios com menor variação. Por este motivo a entropia da informação, para problemas de apoio a decisão com multicritérios, é um bom método para se estabelecer pesos, reduzindo a subjetividade da estipulação dos pesos.

### 3.4.3 Métodos de Análise Complementar e Padronização

Além dos métodos aplicados na pesquisa, como o conjunto de Métodos de Apoio a Decisão Multicritério, métodos de estimação dos Índices de Poder, métodos auxiliares como simulação de Monte Carlo e Entropia, foram utilizados também métodos de padronização dos dados e de comparação de resultados. Os métodos de padronização, salvo o caso do método PROMETHEE II, foram utilizados para a aplicação dos modelos de apoio a decisão multicritério. O método de comparação foi utilizado para verificar qual o desempenho dos modelos de distribuição de recursos propostos frente ao modelo estabelecido pelo MEC.

Para padronização dos dados foi construído um vetor de informações para cada critério, assim, dada a observação  $x_{ij}$  referente a alternativa  $i$  no critério  $j$ , a observação padronizada pelo critério deve considerar:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$$

Assim o vetor  $\bar{X}_j$  referente ao critério  $j$ , passa a ser representado pelo vetor  $\bar{R}_j$  que possui norma igual à 1. A referida padronização foi aplicada nos métodos T-ODA, TOPSIS e VIKOR, que trabalham com as informações diretamente. Como o método PROMETHEE II trabalham

com as funções de preferências não houve necessidade de aplicação da transformação descrita acima.

Cabe destacar que existem outras formas de padronização dos dados, conforme apresentado na Seção 3.2. Contudo, esta pesquisa se utilizou deste modelo de normalização, haja vista a busca pela comparabilidade entre critérios, que é fornecida por este modelo.

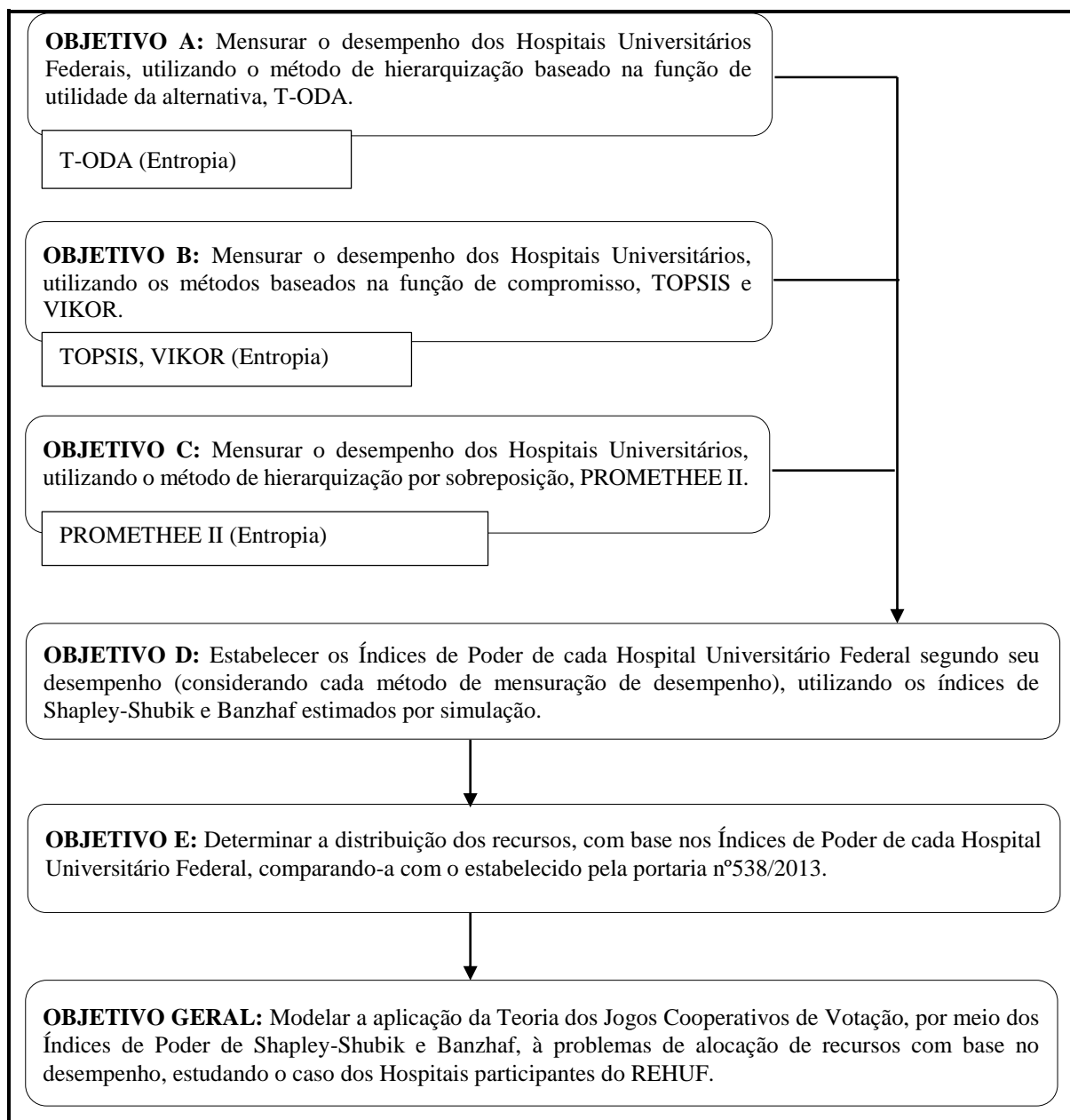
Considerando a comparação dos resultados dos modelos propostos por esta tese e do método aplicado pelo MEC, utilizou-se a correlação de Pearson para este comparativo. O que objetiva esta comparação é verificar a alteração provocada entre o modelo proposto na relação desempenho-recurso recebido. Isto se motiva pela afirmação de Banzhaf (1965) de que a distribuição proporcional de recursos é injusta, considerando que eleitores pouco decisivos receberiam mais recursos do que sua contribuição à comissão justifica. Assim investigado o grau de associação linear entre o desempenho mensurado e o montante distribuído foi possível perceber este efeito.

### 3.5 TRAJETÓRIA DA PESQUISA

Entende-se por trajetória da pesquisa a descrição do processo de análise dos dados a que a pesquisa se submete com o detalhamento dos métodos utilizados de acordo com os objetivos da pesquisa. O processo da pesquisa é resumido nos seguintes passos: (i) apresentar o desempenho auferido de acordo com a portaria nº538/2013 e a distribuição dos recursos; (ii) mensurar o desempenho dos HUs por meio do método T-ODA, considerando pesos obtidos por entropia; (iii) mensurar o desempenho dos HUs por meio dos métodos TOPSIS e VIKOR, com os pesos obtidos pela entropia; (iv) mensurar o desempenho dos HUs por meio do método PROMETHEE II, com pesos entrópicos; (v) apresentar os índices de poder de Shapley-Shubik e Banzhaf utilizando como proporção de votos as medidas do desempenho; (vi) verificar o desempenho da proposta de distribuição de recursos aos HUs federais baseado no poder e compará-los com o modelo oficial de distribuição.

A Figura 8 apresenta de forma sistemática o processo de análise dos dados.

**Figura 8 - Delineamento da pesquisa**



Fonte: elaborado pelo autor.

## 4 RESULTADOS DA PESQUISA

Este capítulo destina-se a exposição e interpretação dos resultados oriundos da pesquisa empírica. Cabe retomar que o objetivo do trabalho é estabelecer um sistema de distribuição de recursos que unifique a mensuração do desempenho por meio de Métodos de Apoio a Decisão Multicritério e a mensuração da relevância de uma alternativa frente a aplicação dos Índices de Poder, definidos pelos Problemas de Votação da Teoria dos Jogos Cooperativos. Trata-se também de uma pesquisa empírica feita junto ao sistema REHUF na distribuição de recursos aos HUs Federais.

Neste capítulo, inicialmente apresentam-se as mensurações do desempenho dos HUs Federais por meio do método T-ODA (seção 1), TOPSIS e VIKOR (seção 2) e PROMETHEE II (seção 3). Na seção quatro descreve-se em um primeiro momento, a verificação do Modelo de Simulação adotado na estimação dos Índices de Poder. Em seguida, são descritas as distribuições estimadas para cada um dos modelos de conciliação. Por fim, a seção cinco é destinada a comparar os modelos propostos para com o modelo oficial de distribuição.

Inicialmente, efetua-se uma descrição dos dados utilizados na pesquisa, estas informações são compreendidas por 16 indicadores segregados em quatro grupos, a saber: grupo perfil e porte (cinco indicadores), grupo de gestão (três indicadores), grupo de ensino e pesquisa (cinco indicadores) e por fim, grupo de integração com o SUS (três indicadores). A Tabela 1 apresenta uma descrição das medidas de tendência central e dispersão dos indicadores observados. Estes dados são oriundos dos 45 hospitais pertencentes a população/amostra.

**Tabela 1 – Descrição dos dados da pesquisa**

<b>Dimensão</b>	<b>Indicador</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Perfil e Porte	Número de Leitos Ativos	219,2222	174,1591
	Número de Leitos de UTI	18,7778	20,8914
	Partos de Alto Risco	562,6444	821,0757
	Salas de Cirurgia	9,1778	8,2800
	Número de Habilitações	26,0444	22,2414
Gestão	Taxa de Ocupação	0,5915	0,2622
	Taxa Média de Permanência	6,0591	3,5451
	Número de Funcionários por Leito	6,9255	4,8863

*Continua...*

Continuação...

Ensino e Pesquisa	Número de Alunos por Docente	5,6639	6,2532
	Número de Docentes por Residentes	1,8762	3,1193
	Número de Pesquisas por Docente	0,9450	1,0461
	Número de Internações por Aluno de Medicina	29,2780	22,7181
	Número de Internações por Residente	140,1368	185,2437
Integração com o SUS	Porta de Entrada	*	*
	Contratualização	*	*
	Número de Habilitações	20,6494	20,2840

Fonte: base de dados do REHUF.

Cabe destacar que nos indicadores porta de entrada e contratualização, da dimensão de integração com o SUS, tem-se informações categóricas, portanto não foram consideradas para as medidas de dispersão. A variável de Porta de Entrada segue uma escala de quatro níveis, sendo Nível 1 – Pronto Atendimento Maternidade (0,5); Nível 2 – Pronto Atendimento Geral (1); Nível 3 – Pronto Socorro (2). O quarto nível são as entidades sem nenhum destes serviços, a estes a pontuação foi definida como nula. A variável contratualização é estabelecida como dicotômica, se sim (1 ponto), se não (0 ponto).

Calculou-se ainda a entropia da informação para cada uma das variáveis utilizadas nos modelos. A entropia permite a mensuração do peso informacional utilizado na aferição ponderada do desempenho. A Tabela 2 descreve os resultados obtidos no cálculo da entropia.

**Tabela 2 – Análise da entropia da Informação**

Dimensão	Indicador	Entropia	Peso Geral	Peso por Grupos	Peso dos Grupos
Perfil e Porte	Número de Leitos Ativos	0,9215	0,0434	0,1174	0,3698
	Número de Leitos de UTI	0,8649	0,0746	0,2019	
	Partos de Alto Risco	0,7500	0,1382	0,3737	
	Salas de Cirurgia	0,8961	0,0574	0,1553	
	Número de Habilitações	0,8984	0,0561	0,1518	
Gestão	Taxa de Ocupação	0,9656	0,0190	0,2850	0,0667
	Taxa Média de Permanência	0,9590	0,0226	0,3393	
	Número de Funcionários por Leito	0,9546	0,0251	0,3757	
Ensino e Pesquisa	Número de Alunos por Docente	0,8819	0,0653	0,1902	0,3430
	Número de Docentes por Residentes	0,8536	0,0809	0,2358	
	Número de Pesquisas por Docente	0,8707	0,0715	0,2084	
	Número de Internações por Aluno de Medicina	0,9188	0,0449	0,1308	
	Número de Internações por Residente	0,8542	0,0805	0,2348	

Continua...



*Continuação...*

Integração com o SUS	Porta de Entrada	0,7541	0,1359	0,6164	0,2205
	Contratualização	0,9486	0,0284	0,1289	
	Número de Habilitações	0,8984	0,0561	0,2547	

Fonte: dados da pesquisa.

Conforme apresentado na seção destinada a descrição da entropia da informação, salienta-se que ela tem destaque como uma medida de dispersão. Isso difere da variância ou do desvio padrão que avaliam a dispersão em relação à média, medindo o grau de dispersão em relação a um valor ótimo existente no grupo. Também se verifica que o peso informacional produzido pela entropia, considera o conjunto de variáveis, o que não ocorre nas medidas clássicas de dispersão mencionadas acima.

A entropia de uma variável que não apresenta variação alguma dos valores é igual a 1, e quanto menor o valor dela, maior a dispersão dos dados (ZELENY, 1982). Existe por sua vez um coeficiente de comparação, construído a partir dos valores mensurados na entropia e comparados com o que foi observado no conjunto, estas medidas são chamadas pesos da informação. Na Tabela 2, estabeleceu-se três pesos, um relativo ao conjunto geral de variáveis, onde foi considerado o conjunto completo das 16 variáveis; outro trabalha por grupo de indicadores, medindo a importância de cada indicador dentro de sua dimensão; e o último peso construído foi o peso de cada grupo segundo a variação geral. Percebe-se nos resultados que no conjunto de Porte e Perfil a variável parto de alto risco apresenta maior peso informacional. O segundo indicador mais relevante no conjunto é o de porta de entrada na dimensão de Integração com o SUS. No conjunto de dimensões é possível perceber “Perfil e Porte” e “Ensino e Pesquisa” possuem os maiores percentuais de informações, respectivamente. Cabe destacar que, mesmo sendo variáveis categóricas, porta de entrada e contratualização são variáveis ordinais, visto que existe um peso crescente definido pelo MEC.

Os resultados da entropia da informação foram apresentados neste momento considerando seu emprego em todos os quatro métodos de mensuração do desempenho. Diretamente, a entropia foi aplicada nos métodos TOPSIS, VIKOR e PROMETHEE II. No método T-ODA, a informação de entropia será utilizada como parâmetro para o estabelecimento da matriz de pesos, ou seja, a entropia fornecerá os pesos indiretamente.

#### 4.1 MENSURAÇÃO DO DESEMPENHO POR T-ODA

O método *Trade-Off Decision Analysis* (T-ODA) é baseado no modelo estabelecido pela Análise Hierárquica de Processos (AHP), seguindo desta forma o conceito de avaliação da utilidade de uma alternativa frente as demais. Este método apresenta-se como uma opção de obtenção da matriz de preferências apresentada pelo método AHP, onde sua pressuposição fundamental é a não existência de inconsistência. O processo para obtenção dos *scores* utilizados na construção do *ranking* é o mesmo adotado pelo método AHP.

Desta maneira, construiu-se a matriz de comparação entre todas as alternativas considerando cada um dos critérios, como preconiza o método T-ODA. Estas comparações foram feitas com base no quociente entre as informações observadas pelo  $HU_i$  e  $HU_j$ . Construídas as 16 matrizes de comparação entre as alternativas, calcularam-se as quatro matrizes de preferência que avaliam o peso estabelecido para cada subcritério (indicadores) frente ao seu respectivo critério. Esta comparação foi feita considerando o peso informacional obtido pela entropia. Ao se comparar as importâncias chegou-se ao peso que cada subcritério possuiu para a formação do critério. De similar modo, utilizaram-se os pesos informacionais entrópicos para comparar o conjunto de critérios (perfil e porte, gestão, ensino e pesquisa, integração com o SUS) para com o objetivo de mensurar o desempenho dos HUs federais.

A utilização da entropia da informação na estimação dos pesos associados a cada critério destaca ao tomador de decisão o quão importante um critério é segundo o grau de variabilidade de suas informações. Critérios que possuem pouca variabilidade tendem a não oferecer discricionariedade suficiente para a avaliação de uma alternativa frente as demais. Por sua vez, critérios com alta variabilidade tendem a oferecer maior segurança na comparação entre as alternativas, devendo assim receber atenção maior na avaliação do que outros critérios com peso menor.

Inicialmente a Tabela 3 apresenta de forma geral o processo de cálculo dos pesos referentes a cada uma das variáveis analisadas. O vetor de pesos é obtido considerando a probabilidade construída a partir do valor total de pontuação obtido na coluna da soma dos pesos.

Tabela 3 – Obtenção dos pesos de subcritérios e critérios para o T-ODA

Porte							
	<b>0,11738</b>	<b>0,20185</b>	<b>0,37367</b>	<b>0,15527</b>	<b>0,15183</b>	<b>Soma</b>	<b>Peso 1</b>
<b>0,11738</b>	1	0,58149	0,31412	0,75596	0,77306	2,42464	0,10029
<b>0,20185</b>	1,71971	1	0,54020	1,30004	1,32944	4,88939	0,20224
<b>0,37367</b>	3,18348	1,85117	1	2,40659	2,46102	9,90225	0,40958
<b>0,15527</b>	1,32282	0,76921	0,41553	1	1,02262	3,53017	0,14602
<b>0,15183</b>	1,29356	0,75220	0,40634	0,97788	1	3,42997	0,14187
Gestão							
		<b>0,28500</b>	<b>0,33927</b>	<b>0,37573</b>		<b>Soma</b>	<b>Peso 2</b>
	<b>0,28500</b>	1	0,84004	0,75851		1,59855	0,26130
	<b>0,33927</b>	1,19042	1	0,90295		2,09338	0,34218
	<b>0,37573</b>	1,31837	1,10748	1		2,42584	0,39652
Ensino e Pesquisa							
	<b>0,19024</b>	<b>0,23581</b>	<b>0,20837</b>	<b>0,13078</b>	<b>0,23481</b>	<b>Soma</b>	<b>Peso 3</b>
<b>0,19024</b>	1	0,80674	0,91298	1,45469	0,81018	3,98460	0,18794
<b>0,23581</b>	1,23955	1	1,13169	1,80317	1,00427	5,17869	0,24425
<b>0,20837</b>	1,09531	0,88363	1	1,59334	0,88740	4,45968	0,21034
<b>0,13078</b>	0,68743	0,55458	0,62761	1	0,55694	2,42656	0,11445
<b>0,23481</b>	1,23429	0,99575	1,12689	1,79551	1	5,15244	0,24302
Integração com o SUS							
		<b>0,61645</b>	<b>0,12889</b>	<b>0,25466</b>		<b>Soma</b>	<b>Peso 4</b>
	<b>0,61645</b>	1	4,78259	2,42066		7,20325	0,69885
	<b>0,12889</b>	0,20909	1	0,50614		0,71523	0,06939
	<b>0,25466</b>	0,41311	1,97574	1		2,38885	0,23176
Pesos das Dimensões							
		<b>0,36978</b>	<b>0,06672</b>	<b>0,34304</b>	<b>0,22047</b>	<b>Soma</b>	<b>Peso Total</b>
	<b>0,36978</b>	1	5,54236	1,07795	1,67723	8,29753	0,39244
	<b>0,06672</b>	0,18043	1	0,19449	0,30262	0,67754	0,03204
	<b>0,34304</b>	0,92769	5,14159	1	1,55595	7,62523	0,36064
	<b>0,22047</b>	0,59622	3,30447	0,64269	1	4,54339	0,21488

Fonte: resultados da pesquisa.

Com base nas matrizes de preferências das alternativas (omitidas neste texto por serem demasiado extensas), e nos pesos descritos na Tabela 3, operacionalizou-se o cálculo do *score* de desempenho dos HUs frente ao método T-ODA. A Tabela 4 apresenta o *ranking* obtido considerando o desempenho mensurado por meio do método, mas também destaca o desempenho dos HUs em cada uma das dimensões de análise. O valor do *score* é obtido considerando a combinação linear entre o desempenho em cada dimensão e o peso da dimensão no problema, último bloco de pesos descrito na Tabela 3.

Tabela 4 - Construção do score T-ODA

Hospital	X Perfil e Porte	Y Gestão	Z Ensino e Pesquisa	W Integração SUS	Score	Ranking
HCPA	0,08914	0,02312	0,01969	0,03611	0,05058	1
UFMA-HU	0,07072	0,01926	0,03245	0,03085	0,04670	2
UFMG-HC	0,05806	0,02376	0,02941	0,03386	0,04143	3
UNIFESP-HSP	0,05430	0,02245	0,02145	0,04593	0,03963	4
UFC-ME	0,05210	0,01963	0,03807	0,01983	0,03907	5
UFPR-HC	0,05160	0,02249	0,01655	0,03469	0,03439	6
UFU-HC	0,04207	0,02384	0,02326	0,04049	0,03436	7
UFMS-HU	0,04464	0,02417	0,01980	0,03864	0,03374	8
UFPR-MVFA	0,00507	0,01907	0,06906	0,01789	0,03135	9
UFTM-HE	0,03765	0,02430	0,02289	0,03244	0,03078	10
UFSC-HU	0,02856	0,02069	0,02408	0,04034	0,02922	11
UFBA-Mat	0,02067	0,01597	0,04232	0,01898	0,02796	12
UFPE-HC	0,03993	0,02290	0,01430	0,02060	0,02599	13
FURG-HU	0,02833	0,02626	0,02116	0,02707	0,02540	14
UFAL-HU	0,02900	0,02127	0,02382	0,01843	0,02461	15
UFRN-ME	0,01772	0,01969	0,03553	0,01859	0,02440	16
UFMS-HU	0,02883	0,02089	0,02258	0,01834	0,02407	17
UFG-HC	0,02531	0,02070	0,01619	0,02939	0,02275	18
UFPB-HU	0,01624	0,02144	0,02751	0,02411	0,02216	19
UFF-HU	0,01847	0,02672	0,01380	0,03980	0,02163	20
UFES-HU	0,02814	0,02048	0,01590	0,01842	0,02139	21
UFRJ-ME	0,02166	0,02012	0,02221	0,01907	0,02125	22
UFRJ-HESFA	0,00099	0,00902	0,04643	0,01191	0,01998	23
UFBA-HU	0,01554	0,01611	0,01381	0,03154	0,01837	24
UFRN-HUAB	0,00195	0,01632	0,03479	0,01788	0,01768	25
UFC-HU	0,01588	0,03824	0,01304	0,02406	0,01733	26
UNB-HU	0,01614	0,02386	0,01640	0,01971	0,01725	27
UFPEL-HE	0,01106	0,02549	0,02294	0,01767	0,01723	28
UFCG-HU	0,01042	0,01930	0,02532	0,01521	0,01711	29
UFRJ-HU	0,01747	0,02921	0,01264	0,02151	0,01697	30
UFAM-HU	0,01633	0,02106	0,01200	0,01892	0,01548	31
UFMT-HU	0,01215	0,02206	0,01673	0,01737	0,01524	32
UFPA-HU	0,00971	0,02528	0,01915	0,01513	0,01478	33
UFRN-HUOL	0,01283	0,02288	0,01484	0,01700	0,01477	34
UFS-HU	0,00641	0,01984	0,02125	0,01491	0,01402	35
UFJF-HU	0,00852	0,02465	0,01467	0,01585	0,01283	36
UNIRIO-HU	0,01039	0,02154	0,01169	0,01674	0,01258	37
UFRJ-IDT	0,00208	0,02669	0,02201	0,01220	0,01223	38
UFPA-BF	0,00244	0,04642	0,01995	0,01190	0,01220	39
UFRJ-IPPMG	0,00655	0,01769	0,01458	0,01457	0,01153	40
UFRJ-IG	0,00091	0,01288	0,02057	0,01162	0,01068	41
UFRN-PHB	0,00269	0,02407	0,01528	0,01171	0,00985	42
UFRJ-INDC	0,00280	0,01607	0,01559	0,01211	0,00984	43
UFRJ-IP	0,00193	0,02312	0,01488	0,01307	0,00967	44
UFGD-HU	0,00661	0,01895	0,00941	0,01354	0,00950	45
Máximo	0,08914	0,04642	0,06906	0,04593	0,05058	-
Mínimo	0,00091	0,00902	0,00941	0,01162	0,00950	-
Desvio Padrão	0,02026	0,00584	0,01093	0,00945	0,01040	-

Fonte: resultados da pesquisa.

Percebe-se, tomando por base os resultados das Tabelas 3 e 4, que o desempenho mensurado foi mais fortemente influenciado pela dimensão de Perfil e Porte, seguido pela dimensão Ensino e Pesquisa. É possível verificar todos os seis primeiros HUs no *ranking* geral

também são os melhores em perfil e porte. Este resultado destaca a importância dada aos hospitais maiores, considerando que grandes hospitais necessitam receber maior volume de recursos, justificado por sua estrutura possuir grandes gastos.

No caso do HU com menor desempenho mensurado pelo modelo, percebe-se que este possui maior foco na prestação de serviço e atendimento a comunidade, considerando que seus indicadores de gestão e integração com o SUS estão dentro da média dos demais hospitais, entretanto seu desempenho em Perfil e Porte, Ensino e Pesquisa devem ser revistos. Sobre este foco que se fundamenta a portaria de distribuição dos recursos, de maneira que com base no desempenho mensurado se consiga gerenciar melhor os hospitais.

Desta maneira o método T-ODA se mostrou coerente com os resultados apresentados confirmando a tendência de alguns hospitais de reconhecimento nacional, como o caso dos hospitais HCPA, UFMG-HU e da UNIFESP, também reconhece alguns hospitais de importância social para a região de abrangência, como é o caso do UFMA-HU que foi o segundo colocado. Com base nestes *scores* em um passo futuro será efetuada a distribuição dos recursos para os referidos hospitais. Cabe destacar que para o método T-ODA, não se apresentou o estudo da influência dos pesos junto ao *ranking* e ao *score* de desempenho, isso porque quando não são considerados os pesos, o método T-ODA, torna-se uma média ponderada das variáveis, e este *score* já é obtido na mensuração estabelecida pela Portaria nº538/2013. O estudo da influência dos pesos é feito nos demais métodos.

## 4.2 MENSURAÇÃO DO DESEMPENHO POR TOPSIS E VIKOR

Esta seção tem como objetivo apresentar os resultados alcançados referentes a mensuração do desempenho dos HUs por meio dos métodos TOPSIS e VIKOR, sendo estes representantes do conjunto de métodos baseados em cenários ideais, e o segundo mais especificamente um método baseado na programação por compromisso de Zeleny (1982). A seção está segregada em duas subseções, sendo a primeira para os resultados do modelo TOPSIS e a segunda para os resultados do modelo VIKOR.

#### 4.2.1 Resultados Método TOPSIS

O método TOPSIS se divide em três momentos. No primeiro momento, cria-se uma alternativa com as melhores respostas possíveis, com critérios de benefícios, o maior benefício observado, com critérios de custos e o menor custo observado. Esta alternativa é denominada de Cenário Ideal, sendo possivelmente utópico. Em um segundo momento, o procedimento é definir um cenário anti-ideal, ou seja, cria-se uma alternativa, possivelmente fictícia, que tenha em cada critério as piores avaliações. O terceiro e último momento descreve a ponderação das distâncias encontradas para verificação do desempenho.

A Tabela 5, apresenta os resultados do cálculo das distâncias em relação a um cenário ótimo. Foram feitos os cálculos para a distância do modelo geral ( $D_i^+(T)$ ) e também se verificou o desempenho de cada alternativa, segundo cada dimensão de critérios. Destaca-se também que foram construídos *rankings* com a utilização de pesos obtidos pela entropia da informação, bem como a não utilização de pesos. Pretende-se no modelo de distribuição de recursos utilizar o modelo ponderado, por este motivo, o estudo pretende verificar os efeitos, frente ao *ranking*, no desempenho final.

**Tabela 5 - Distâncias para um cenário Ideal TOPSIS**

	$D_i^+(p)$		$D_i^+(g)$		$D_i^+(e)$		$D_i^+(sus)$		$D_i^+(T)$	
	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos
FURG-HU	0,3506	0,3439	0,3178	0,3017	0,5726	0,5478	0,1855	0,1718	0,4150	0,3916
*HCPA-HC	0,1060	0,1148	0,3006	0,2868	0,5747	0,5427	0,1422	0,1045	0,3577	0,3371
UFAL-HU	0,3518	0,3410	0,3213	0,3074	0,5555	0,5278	0,3050	0,2442	0,4231	0,3902
UFAMHU	0,4211	0,3811	0,3210	0,3068	0,6129	0,5841	0,3058	0,2456	0,4711	0,4254
UFBA-HU	0,4119	0,3654	0,3752	0,3667	0,6035	0,5737	0,1587	0,1321	0,4501	0,4160
UFBA-MA	0,3921	0,3924	0,3669	0,3533	0,4986	0,4719	0,2713	0,2478	0,4091	0,3907
*UFC-HU	0,4102	0,3655	0,1724	0,1676	0,6029	0,5754	0,2871	0,2140	0,4551	0,3988
UFC-MA	0,2819	0,3031	0,3330	0,3175	0,5052	0,4738	0,2633	0,2363	0,3737	0,3581
UFCG-HU	0,4247	0,3902	0,3370	0,3224	0,5414	0,5187	0,3236	0,2738	0,4449	0,4064
UFES-HU	0,3637	0,3228	0,3262	0,3123	0,5995	0,5692	0,3034	0,2417	0,4467	0,4038
UFF-HU	0,3903	0,3542	0,2724	0,2595	0,5978	0,5717	0,0949	0,1086	0,4311	0,3952
UFG-HC	0,3621	0,3199	0,3243	0,3108	0,5906	0,5612	0,1734	0,1544	0,4263	0,3911
**UFGD-HU	0,4445	0,4173	0,3419	0,3256	0,6317	0,5987	0,3343	0,2976	0,4923	0,4505
UFJF-HU	0,4381	0,4050	0,2898	0,2762	0,5938	0,5675	0,3195	0,2674	0,4691	0,4238
*UFMA-HU	0,1554	0,1577	0,3381	0,3241	0,5245	0,4953	0,1608	0,1353	0,3415	0,3280
UFMG-HC	0,2113	0,1903	0,2977	0,2858	0,5497	0,5163	0,1470	0,1130	0,3617	0,3352
UFMS-HU	0,3578	0,3356	0,3244	0,3087	0,5675	0,5366	0,3066	0,2469	0,4308	0,3930
UFMT-HU	0,4286	0,3962	0,3142	0,3008	0,5876	0,5609	0,3127	0,2567	0,4632	0,4204
UFPA-HU-JBB	0,4328	0,3954	0,3064	0,2898	0,5747	0,5477	0,3215	0,2705	0,4600	0,4148
UFPA-HU-BFS	0,4649	0,4419	0,2245	0,2294	0,5827	0,5549	0,3398	0,3058	0,4746	0,4297
UFPB-HU	0,3960	0,3675	0,3196	0,3080	0,5415	0,5158	0,2182	0,2163	0,4194	0,3897
UFPE-HC	0,2986	0,2864	0,3048	0,2913	0,6056	0,5736	0,2935	0,2251	0,4289	0,3923
UFPEL-HE	0,4237	0,3869	0,2959	0,2793	0,5628	0,5353	0,3075	0,2482	0,4491	0,4031

Continua...

Continuação...

*UFPR-MA	0,4596	0,4337	0,3475	0,3303	0,4823	0,4529	0,2790	0,2672	0,4279	0,3959
UFPR-HC	0,2398	0,2146	0,3098	0,2958	0,5873	0,5581	0,1450	0,1096	0,3881	0,3611
UFRJ-IPSI	0,4649	0,4399	0,3231	0,3069	0,6011	0,5714	0,3335	0,2890	0,4851	0,4425
UFRJ-IPP	0,4556	0,4311	0,3510	0,3380	0,5991	0,5710	0,3301	0,2838	0,4818	0,4433
UFRJ-HU	0,3979	0,3457	0,2542	0,2411	0,6051	0,5774	0,2910	0,2207	0,4551	0,4020
UFRJ-IDT	0,4647	0,4413	0,2768	0,2641	0,5682	0,5416	0,3365	0,3009	0,4697	0,4273
UFRJ-IN	0,4650	0,4411	0,3687	0,3578	0,5810	0,5585	0,3410	0,3075	0,4801	0,4472
**UFRJ-IG	0,4697	0,4484	0,3995	0,3882	0,5818	0,5537	0,3398	0,3058	0,4836	0,4521
*/**UFRJ-HE	0,4694	0,4482	0,4294	0,4162	0,4743	0,4681	0,3376	0,3025	0,4428	0,4253
UFRJ-MAE	0,3800	0,3775	0,3277	0,3133	0,5697	0,5382	0,2673	0,2420	0,4332	0,4055
UFRN-MAE	0,3993	0,3953	0,3322	0,3174	0,5178	0,4878	0,2713	0,2478	0,4178	0,3919
**UFRN-HP	0,4662	0,4433	0,2948	0,2828	0,5910	0,5640	0,3410	0,3075	0,4813	0,4400
UFRN-HU-OL	0,4166	0,3751	0,3057	0,2918	0,5929	0,5668	0,3100	0,2524	0,4607	0,4150
UFRN-HU-AB	0,4641	0,4398	0,3627	0,3483	0,5181	0,4955	0,2768	0,2557	0,4443	0,4149
UFS-HU	0,4447	0,4137	0,3321	0,3183	0,5542	0,5296	0,3225	0,2722	0,4569	0,4172
UFSC-HU	0,3467	0,3286	0,3241	0,3098	0,5569	0,5288	0,0883	0,1010	0,3995	0,3755
UFSP-HU	0,2774	0,2778	0,2954	0,2811	0,5751	0,5453	0,1103	0,1262	0,3878	0,3672
UFTM-HE	0,3039	0,2723	0,2966	0,2837	0,5693	0,5362	0,1578	0,1306	0,3958	0,3624
UFU-HC	0,2884	0,2567	0,3001	0,2866	0,5679	0,5378	0,0971	0,1111	0,3866	0,3587
UNB-HU	0,4091	0,3678	0,2990	0,2884	0,5955	0,5637	0,3005	0,2368	0,4576	0,4095
*UNIFESP-HU	0,2862	0,2101	0,3094	0,2964	0,5816	0,5473	0,0265	0,0303	0,3910	0,3522
UNIRIO-HU	0,4261	0,3929	0,3163	0,3032	0,6114	0,5839	0,3127	0,2567	0,4729	0,4294
<b>Máximo</b>	0,4697	0,4484	0,4294	0,4162	0,6317	0,5987	0,3410	0,3075	0,4923	0,4521
<b>Mínimo</b>	0,1060	0,1148	0,1724	0,1676	0,4743	0,4529	0,0265	0,0303	0,3415	0,3280
<b>Média</b>	0,3803	0,3549	0,3174	0,3043	0,5702	0,5422	0,2554	0,2203	0,4354	0,4005
<b>Desvio Padrão</b>	0,0864	0,0817	0,0416	0,0402	0,0356	0,0341	0,0875	0,0725	0,0379	0,0314

Nota: \* melhor desempenho, \*\* pior desempenho.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os *scores* de desempenho dos HUs, apresentados na Tabela 5 decorrem da comparação de cada alternativa para com o Cenário Ideal Positiva (CIP). Esta comparação é feita por meio da mensuração da distância de cada alternativa em relação ao CIP, logo a escala de análise deste desempenho é do tipo quanto menor melhor. Verifica-se que o HU da UFMA possuiu o maior *score* dentre todas as instituições. Entretanto é verificado que o UFMA-HU não obteve o maior desempenho dentre as avaliações por dimensão, seu bom desempenho na avaliação geral é fruto da característica compensatória do método TOPSIS, descrita por Pomerol e Barba-Romero (2000). Em contraponto aos resultados que indicam a UFMA-HU como o melhor HU em ambos os *rankings*, tanto com pesos e sem pesos, os HUs com a menor avaliação existente foram o UFGD-HU na avaliação com pesos, e UFRJ-IG na avaliação sem pesos.

Dando prosseguimento ao processo de construção do índice de desempenho baseado no método TOPSIS, a Tabela 6 destaca a construção dos indicadores de desempenho baseados na distância das alternativas em relação ao Cenário Ideal Negativo (CIN), ou Cenário Anti-Ideal. Diferentemente do que apresentado para o CIP, os resultados para o CIN consideram que quanto maior for a distância entre a alternativa analisada e o CIN, melhor será o desempenho.

Tabela 6 - Distâncias para um cenário Anti-Ideal TOPSIS

	$D_i^-(p)$		$D_i^-(g)$		$D_i^-(e)$		$D_i^-(sus)$		$D_i^-(T)$	
	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos
FURG-HU	0,1289	0,1141	0,1515	0,1560	0,0831	0,0817	0,1651	0,1568	0,1267	0,1238
*HCPA-HC	0,4122	0,3784	0,1487	0,1514	0,1224	0,1323	0,2359	0,2485	0,2858	0,2571
UFAL-HU	0,1256	0,1160	0,1254	0,1282	0,1140	0,1224	0,0904	0,1230	0,1146	0,1217
**UFAM-HU	0,0849	0,0979	0,1281	0,1291	0,0402	0,0436	0,0887	0,1214	0,0778	0,0974
UFBA-HU	0,1133	0,1331	0,0677	0,0638	0,0581	0,0642	0,1881	0,1877	0,1184	0,1191
UFBA-MA	0,0995	0,0777	0,0691	0,0702	0,2195	0,2126	0,0930	0,1091	0,1497	0,1385
UFC-HU	0,1259	0,1457	0,2573	0,2489	0,0484	0,0488	0,1510	0,1852	0,1269	0,1595
UFC-MA	0,2497	0,1956	0,1257	0,1283	0,2376	0,2375	0,0955	0,1119	0,2133	0,1871
UFCG-HU	0,0653	0,0729	0,1119	0,1137	0,1089	0,1043	0,0638	0,0989	0,0859	0,0965
UFES-HU	0,1661	0,1873	0,1164	0,1178	0,0677	0,0775	0,0937	0,1263	0,1209	0,1357
UFF-HU	0,1023	0,1163	0,1779	0,1779	0,0505	0,0495	0,3023	0,2489	0,1643	0,1501
UFG-HC	0,1413	0,1597	0,1159	0,1171	0,0698	0,0747	0,1732	0,1679	0,1287	0,1326
UFGD-HU	0,0428	0,0465	0,1234	0,1284	0,0557	0,0677	0,0132	0,0151	0,0529	0,0724
UFJF-HU	0,0526	0,0610	0,1579	0,1590	0,0573	0,0564	0,0677	0,1022	0,0695	0,0941
UFMA-HU	0,3243	0,3013	0,1045	0,1068	0,1741	0,1823	0,1856	0,1844	0,2400	0,2174
UFMG-HC	0,2749	0,2783	0,1377	0,1367	0,2315	0,2328	0,2089	0,2146	0,2392	0,2308
UFMS-HU	0,1160	0,1180	0,1385	0,1434	0,1304	0,1486	0,0871	0,1199	0,1173	0,1334
UFMT-HU	0,0627	0,0688	0,1297	0,1317	0,0634	0,0646	0,0764	0,1100	0,0724	0,0911
UFPA-HU-JBB	0,0652	0,0804	0,2244	0,2257	0,0881	0,0876	0,0656	0,1004	0,0924	0,1259
*UFPA-HU-BFS	0,0146	0,0166	0,3538	0,3334	0,1265	0,1288	0,0022	0,0025	0,1180	0,1616
UFPB-HU	0,0866	0,0945	0,1148	0,1132	0,2432	0,2382	0,1545	0,1420	0,1709	0,1634
UFPE-HC	0,1863	0,1797	0,1388	0,1400	0,0658	0,0744	0,1213	0,1539	0,1373	0,1412
UFPEL-HE	0,0720	0,0824	0,2085	0,2151	0,0960	0,0970	0,0855	0,1184	0,0979	0,1279
UFPR-MA	0,0226	0,0265	0,1497	0,1591	0,4087	0,3970	0,0716	0,0532	0,2452	0,2340
UFPR-HC	0,2463	0,2546	0,1365	0,1381	0,0768	0,0801	0,2150	0,2223	0,1895	0,1873
UFRJ-IPSI	0,0192	0,0249	0,2078	0,2078	0,0572	0,0622	0,0592	0,0951	0,0701	0,1058
UFRJ-IPP	0,0214	0,0233	0,0948	0,0941	0,0762	0,0772	0,0600	0,0958	0,0596	0,0736
UFRJ-HU	0,1370	0,1603	0,2031	0,2037	0,0474	0,0499	0,1310	0,1641	0,1194	0,1471
UFRJ-IDT	0,0122	0,0140	0,1895	0,1882	0,1356	0,1372	0,0088	0,0101	0,0937	0,1123
**UFRJ-IN	0,0134	0,0163	0,0727	0,0710	0,0911	0,0852	0,0000	0,0000	0,0571	0,0574
**UFRJ-IG	0,0028	0,0035	0,0330	0,0312	0,1352	0,1379	0,0022	0,0025	0,0797	0,0783
*/**UFRJ-HE	0,0051	0,0059	0,0000	0,0000	0,4314	0,3973	0,0066	0,0076	0,2527	0,2222
UFRJ-MAE	0,1008	0,0819	0,1188	0,1210	0,1182	0,1213	0,0941	0,1102	0,1070	0,1082
UFRN-MAE	0,0849	0,0674	0,1185	0,1219	0,1763	0,1775	0,0930	0,1091	0,1272	0,1276
**UFRN-HP	0,0107	0,0125	0,1410	0,1403	0,0628	0,0623	0,0000	0,0000	0,0522	0,0704
UFRN-HU-OL	0,0905	0,1044	0,1487	0,1491	0,0567	0,0556	0,0808	0,1140	0,0840	0,1048
UFRN-HU-AB	0,0144	0,0177	0,0781	0,0797	0,1773	0,1733	0,0924	0,1084	0,1147	0,1135
UFS-HU	0,0406	0,0480	0,1181	0,1181	0,1540	0,1502	0,0647	0,0996	0,1029	0,1107
UFSC-HU	0,1352	0,1353	0,1221	0,1245	0,1236	0,1371	0,3042	0,2519	0,1827	0,1625
UFSM-HU	0,2028	0,1799	0,1588	0,1617	0,0942	0,1021	0,2983	0,2426	0,1989	0,1712
UFTM-HE	0,1812	0,1906	0,1510	0,1532	0,1300	0,1445	0,1894	0,1894	0,1654	0,1703
UFU-HC	0,1961	0,2095	0,1490	0,1518	0,1288	0,1482	0,3017	0,2479	0,2036	0,1908
UNB-HU	0,0978	0,1136	0,1326	0,1303	0,0795	0,0899	0,1008	0,1332	0,0955	0,1143
*UNIFESP-HU	0,3466	0,3797	0,1303	0,1312	0,1746	0,1967	0,3279	0,2882	0,2823	0,2756
**UNIRIO-HU	0,0610	0,0696	0,1271	0,1267	0,0405	0,0407	0,0764	0,1100	0,0656	0,0855
Máximo	0,4122	0,3797	0,3538	0,3334	0,4314	0,3973	0,3279	0,2882	0,2858	0,2756
Mínimo	0,0028	0,0035	0,0000	0,0000	0,0402	0,0407	0,0000	0,0000	0,0522	0,0574
Média	0,1146	0,1169	0,1380	0,1386	0,1228	0,1256	0,1197	0,1290	0,1349	0,1400
Desvio Padrão	0,0965	0,0935	0,0571	0,0554	0,0850	0,0808	0,0898	0,0756	0,0640	0,0515

Nota: \* melhor desempenho, \*\* pior desempenho.

Fonte: resultados da pesquisa.



Verifica-se forte similaridade entre o desempenho dos HUs acerca do CIP e do CIN. Destaca-se, entretanto, que os hospitais com maior desempenho em ambas as escalas construídas, com e sem pesos, foram o HCPA com maior *score* no resultado com pesos, e o UNIFESP-HU como a melhor desempenho segundo a escala construída sem pesos. O HCPA é vinculado a Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Como hospitais com menor desempenho segundo a comparação com o CIN, destaca-se o UFRN-HP como o pior segundo a escala com pesos, e o UFRJ-IN como o pior segundo a escala sem pesos.

Para conclusão do modelo, mensura-se o desempenho construindo um indicador que concilia os resultados de  $D_i^+$  e  $D_i^-$ . A Tabela 7 descreve os *scores* de desempenho, de similar modo, são considerados os valores obtidos com e sem a adição dos pesos informacionais obtidos pela entropia.

**Tabela 7 - Score de desempenho TOPSIS**

	$D_i(p)$		$D_i(g)$		$D_i(e)$		$D_i(sus)$		$D_i(T)$	
	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos
FURG-HU	0,2688	0,2492	0,3228	0,3408	0,1268	0,1298	0,4708	0,4772	0,2339	0,2402
*HCPA-HC	0,7955	0,7672	0,3309	0,3455	0,1756	0,1960	0,6240	0,7039	0,4442	0,4327
UFAL-HU	0,2631	0,2538	0,2807	0,2943	0,1702	0,1882	0,2285	0,3350	0,2132	0,2377
**UFAMHU	0,1678	0,2043	0,2853	0,2962	0,0615	0,0695	0,2248	0,3309	0,1417	0,1862
UFBA-HU	0,2158	0,2670	0,1529	0,1481	0,0879	0,1007	0,5423	0,5869	0,2082	0,2226
UFBA-MA	0,2023	0,1652	0,1584	0,1657	0,3056	0,3106	0,2554	0,3057	0,2679	0,2617
*UFC-HU	0,2348	0,2851	0,5988	0,5976	0,0743	0,0782	0,3447	0,4640	0,2181	0,2857
UFC-MA	0,4697	0,3923	0,2741	0,2879	0,3199	0,3339	0,2662	0,3213	0,3634	0,3432
UFCG-HU	0,1333	0,1574	0,2493	0,2607	0,1675	0,1674	0,1647	0,2654	0,1619	0,1919
UFES-HU	0,3135	0,3671	0,2630	0,2740	0,1015	0,1198	0,2360	0,3432	0,2130	0,2516
UFF-HU	0,2077	0,2472	0,3951	0,4068	0,0779	0,0796	0,7611	0,6963	0,2760	0,2753
UFG-HC	0,2807	0,3329	0,2634	0,2738	0,1058	0,1175	0,4997	0,5210	0,2319	0,2531
**UFGD-HU	0,0879	0,1003	0,2651	0,2829	0,0810	0,1016	0,0381	0,0484	0,0970	0,1385
UFJF-HU	0,1073	0,1308	0,3527	0,3653	0,0880	0,0904	0,1748	0,2765	0,1290	0,1817
UFMA-HU	0,6760	0,6564	0,2362	0,2478	0,2492	0,2690	0,5359	0,5769	0,4127	0,3986
UFMG-HC	0,5655	0,5938	0,3163	0,3236	0,2963	0,3108	0,5869	0,6550	0,3981	0,4078
UFMS-HU	0,2449	0,2601	0,2992	0,3172	0,1868	0,2169	0,2211	0,3268	0,2140	0,2534
UFMT-HU	0,1276	0,1479	0,2921	0,3046	0,0973	0,1033	0,1964	0,2999	0,1352	0,1782
UFPA-HU-JBB	0,1310	0,1689	0,4227	0,4379	0,1329	0,1379	0,1695	0,2707	0,1673	0,2329
*UFPA-HU-BFS	0,0304	0,0362	0,6118	0,5924	0,1784	0,1884	0,0065	0,0082	0,1991	0,2733
UFPB-HU	0,1794	0,2046	0,2644	0,2687	0,3099	0,3159	0,4146	0,3963	0,2895	0,2954
UFPE-HC	0,3842	0,3856	0,3129	0,3247	0,0980	0,1148	0,2924	0,4062	0,2425	0,2647
UFPEL-HE	0,1452	0,1755	0,4134	0,4351	0,1457	0,1534	0,2175	0,3228	0,1790	0,2409
*UFPR-MA	0,0470	0,0577	0,3011	0,3250	0,4587	0,4671	0,2043	0,1661	0,3642	0,3715
UFPR-HC	0,5067	0,5427	0,3059	0,3182	0,1157	0,1255	0,5971	0,6698	0,3280	0,3416
UFRJ-IPSI	0,0396	0,0537	0,3915	0,4037	0,0869	0,0982	0,1507	0,2475	0,1263	0,1930
UFRJ-IPP	0,0449	0,0512	0,2126	0,2177	0,1129	0,1191	0,1539	0,2523	0,1102	0,1423
UFRJ-HU	0,2561	0,3168	0,4442	0,4579	0,0727	0,0796	0,3105	0,4264	0,2078	0,2679
UFRJ-IDT	0,0256	0,0308	0,4064	0,4160	0,1927	0,2022	0,0256	0,0325	0,1663	0,2081
**UFRJ-IN	0,0279	0,0357	0,1647	0,1655	0,1355	0,1324	0,0000	0,0000	0,1063	0,1138
**UFRJ-IG	0,0059	0,0077	0,0764	0,0744	0,1886	0,1994	0,0065	0,0082	0,1415	0,1476
*/**UFRJ-HE	0,0108	0,0129	0,0000	0,0000	0,4763	0,4591	0,0192	0,0244	0,3633	0,3431
UFRJ-MAE	0,2097	0,1782	0,2661	0,2786	0,1718	0,1839	0,2603	0,3129	0,1980	0,2107

Continua...

Continuação...

UFRN-MAE	0,1753	0,1456	0,2628	0,2775	0,2540	0,2668	0,2554	0,3057	0,2333	0,2456
**UFRN-HP	0,0224	0,0274	0,3235	0,3316	0,0960	0,0994	0,0000	0,0000	0,0978	0,1379
UFRN-HU-OL	0,1785	0,2178	0,3273	0,3381	0,0873	0,0893	0,2067	0,3111	0,1542	0,2016
UFRN-HU-AB	0,0301	0,0387	0,1772	0,1862	0,2550	0,2591	0,2503	0,2977	0,2052	0,2148
UFS-HU	0,0837	0,1040	0,2623	0,2707	0,2174	0,2209	0,1671	0,2680	0,1838	0,2096
UFSC-HU	0,2805	0,2917	0,2737	0,2867	0,1816	0,2059	0,7751	0,7138	0,3139	0,3020
UFMS-HU	0,4223	0,3931	0,3496	0,3652	0,1408	0,1577	0,7300	0,6577	0,3390	0,3180
UFTM-HE	0,3735	0,4117	0,3373	0,3506	0,1859	0,2123	0,5455	0,5919	0,2947	0,3197
UFU-HC	0,4047	0,4493	0,3317	0,3462	0,1849	0,2160	0,7565	0,6905	0,3450	0,3472
UNB-HU	0,1929	0,2360	0,3072	0,3112	0,1177	0,1375	0,2511	0,3600	0,1726	0,2183
*UNIFESP-HU	0,5478	0,6438	0,2964	0,3069	0,2309	0,2644	0,9253	0,9049	0,4193	0,4390
UNIRIO-HU	0,1253	0,1505	0,2866	0,2948	0,0622	0,0652	0,1964	0,2999	0,1219	0,1661
Máximo	0,7955	0,7672	0,6118	0,5976	0,4763	0,4671	0,9253	0,9049	0,4442	0,4390
Mínimo	0,0059	0,0077	0,0000	0,0000	0,0615	0,0652	0,0000	0,0000	0,0970	0,1138
Média	0,2276	0,2432	0,2992	0,3092	0,1703	0,1812	0,3169	0,3662	0,2318	0,2557
Desv. Padrão	0,1859	0,1867	0,1082	0,1086	0,0962	0,0959	0,2389	0,2230	0,0957	0,0806

Nota: \* melhor desempenho, \*\* pior desempenho.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os *scores* apresentados na Tabela 7 destacam como melhores hospitais o HCPA, UNIFESP-HSP e o UFMA-HU. Verifica-se a ocorrência de inversão de ordem quando comparado com o *ranking* construído por meio do método T-ODA, nesse resultado UFMA-HU aparece à frente de UNIFESP, que por sua vez é posto após a UFMG-HC. Entretanto os coeficientes de desempenho para os casos de inversão foram similares apresentando pouca variabilidade. Ainda cabe destacar que UNIFESP-HU, foi a entidade com maior avaliação considerando os coeficientes construídos sem os pesos.

Quanto aos hospitais com os menores desempenhos mensurados, é possível destacar os hospitais UFRJ-IN e UFGD-HU, tendo o primeiro o menor desempenho segundo a escala sem pesos e o outro com o menor desempenho de acordo com o *score* com pesos. Destaca-se as instituições UFRJ-IN e UFRN-HP que estão sobre o CIN quando avaliada a dimensão de integração com o SUS.

Uma das implicações feitas junto aos *scores* de desempenho dos HUs quando analisado pelo modelo TOPSIS, é o efeito da inserção de pesos da informação obtidos por meio da Entropia. A Tabela 8 detalha a comparação dos resultados com os *rankings* finais.

Tabela 8 – Efeitos no desempenho da Utilização de Pesos Entrópicos

	Score Desempenho TOPSIS		Ranking		Variação com a inserção dos pesos	Blocos de Mudanças
	Com Pesos	Sem Pesos	Com Pesos	Sem Pesos		
HCPA-HC	0,4442	0,4327	1	2	1	A
UNIFESP-HU	0,4193	0,4390	2	1	-1	
UFMA-HU	0,4127	0,3986	3	4	1	B
UFMG-HC	0,3981	0,4078	4	3	-1	
UFPR-MA	0,3642	0,3715	5	5	0	-
UFC-MA	0,3634	0,3432	6	7	1	C
UFRJ-HE	0,3633	0,3431	7	8	1	
UFU-HC	0,3450	0,3472	8	6	-2	
UFSM-HU	0,3390	0,3180	9	11	2	D
UFPR-HC	0,3280	0,3416	10	9	-1	
UFSC-HU	0,3139	0,3020	11	12	1	
UFTM-HE	0,2947	0,3197	12	10	-2	
UFPB-HU	0,2895	0,2954	13	13	0	E
UFF-HU	0,2760	0,2753	14	15	1	
UFBA-MA	0,2679	0,2617	15	19	4	
UFPE-HC	0,2425	0,2647	16	18	2	
FURG-HU	0,2339	0,2402	17	25	8	
UFRN-MAE	0,2333	0,2456	18	23	5	
UFG-HC	0,2319	0,2531	19	21	2	
UFC-HU	0,2181	0,2857	20	14	-6	
UFMS-HU	0,2140	0,2534	21	20	-1	
UFAL-HU	0,2132	0,2377	22	26	4	
UFES-HU	0,2130	0,2516	23	22	-1	
UFBA-HU	0,2082	0,2226	24	28	4	
UFRJ-HU	0,2078	0,2679	25	17	-8	
UFRN-HU-AB	0,2052	0,2148	26	30	4	
UFPA-HU-BFS	0,1991	0,2733	27	16	-11	
UFRJ-MAE	0,1980	0,2107	28	31	3	
UFS-HU	0,1838	0,2096	29	32	3	
UFPEL-HE	0,1790	0,2409	30	24	-6	
UNB-HU	0,1726	0,2183	31	29	-2	
UFPA-HU-JBB	0,1673	0,2329	32	27	-5	
UFRJ-IDT	0,1663	0,2081	33	33	0	-
UFCG-HU	0,1619	0,1919	34	36	2	F
UFRN-HU-OL	0,1542	0,2016	35	34	-1	
UFAMHU	0,1417	0,1862	36	37	1	
UFRJ-IG	0,1415	0,1476	37	41	4	
UFMT-HU	0,1352	0,1782	38	39	1	
UFJF-HU	0,1290	0,1817	39	38	-1	
UFRJ-IPSI	0,1263	0,1930	40	35	-5	
UNIRIO-HU	0,1219	0,1661	41	40	-1	
UFRJ-IPP	0,1102	0,1423	42	42	0	-
UFRJ-IN	0,1063	0,1138	43	45	2	G
UFRN-HP	0,0978	0,1379	44	44	0	
UFGD-HU	0,0970	0,1385	45	43	-2	

Fonte: resultados da pesquisa.

Quanto a investigação dos efeitos da inserção de pesos informacionais aos critérios, verifica um forte variação nas posições mais centrais do *ranking*. É possível perceber de acordo com o bloco de mudanças que entre os extremos do *ranking* os efeitos não foram tão percebidos, entretanto ajudaram a inverter a liderança. O FURG-HU foi o hospital com maior ganho de

posições, partindo de 25º para 17º colocado. Na média os *scores* de desempenho não se alteraram.

Assim é possível verificar outra forma de mensuração do desempenho por métodos voltados aos problemas de construção de *rankings*, mesmo sendo o método TOPSIS de outro conjunto de métodos com outra bagagem epistemológica do que o que foi apresentado pelo método T-ODA. Quanto aos resultados é possível verificar fortes similaridades entre os dois métodos investigados até o momento. Desta forma, os modelos de construção de *rankings* como estratégia de mensuração do desempenho podem ser vistos como uma métrica potencial na análise de entidades hospitalares, corroborando com Papanicolas et al. (2013). A seguir, são descritos os resultados obtidos na avaliação do desempenho dos HUs por meio do método VIKOR, completando assim o conjunto de métodos de mensuração do desempenho com base em cenários ideais.

#### 4.2.2 Resultados Método VIKOR

Conforme descrito na seção 3.2.2 o método VIKOR analisa conjuntamente duas medidas de desempenho. Ao contrário do que destaca o método TOPSIS, que compara a distância da alternativa com o CIP e o CIN, o método VIKOR mensura a distância da alternativa para com o Cenário Ideal Positivo ( $S_i$ ) e também mensura a maior distância deste cenário ( $R_i$ ). A combinação linear destas duas medidas é que formam o *score* final de desempenho. Verifica-se ao final que ambas as medidas,  $S_i$  e  $R_i$  seguem uma escala do tipo quanto menor melhor, visto que ambas estabelecem a distância para o melhor cenário e quanto mais próxima a alternativa estiver deste cenário, maior será seu desempenho.

Inicialmente a Tabela 9 descreve os resultados obtidos para o indicador  $S_i$ . Considera-se para tanto, os resultados obtidos em cada uma das dimensões de análise e por fim o desempenho obtido de forma geral. Também foi considerado a inserção de pesos junto ao método, e quais alterações ocorreram no desempenho dos HUs analisados.

Tabela 9 - Indicador  $S_i$  método VIKOR

IFES	$S_i(p)$		$S_i(g)$		$S_i(e)$		$S_i(sus)$		$S_i(T)$	
	Com Peso	Sem Peso	Com Peso	Sem Peso	Com Peso	Sem Peso	Com Peso	Sem Peso	Com Peso	Sem Peso
FURG-HU	0,7355	0,7512	0,5727	0,5471	0,8838	0,8754	0,4780	0,3889	0,7187	0,6838
*HCPA-HC	0,1408	0,1691	0,5910	0,5700	0,8006	0,7673	0,3082	0,1667	0,4341	0,4307
UFAL-HU	0,7336	0,7399	0,6585	0,6393	0,8130	0,7844	0,7736	0,5391	0,7646	0,6973
UFAMHU	0,8471	0,7960	0,6458	0,6328	0,9287	0,9175	0,7768	0,5432	0,8462	0,7560
UFBA-HU	0,7962	0,7213	0,9258	0,9337	0,8989	0,8809	0,4088	0,2984	0,7547	0,7317
UFBA-MA	0,8411	0,8792	0,8118	0,8024	0,6849	0,6737	0,7013	0,5628	0,7548	0,7413
UFCEG-HU	0,7825	0,7081	0,4116	0,4126	0,9169	0,9109	0,6730	0,4074	0,7797	0,6597
UFC-HU	0,5769	0,6667	0,6475	0,6297	0,6200	0,5978	0,6824	0,5381	0,6197	0,6141
UFC-MA	0,8871	0,8535	0,6869	0,6727	0,8341	0,8325	0,8365	0,6214	0,8444	0,7695
UFES-HU	0,6906	0,6250	0,6776	0,6633	0,8889	0,8639	0,7674	0,5309	0,7747	0,6892
UFF-HU	0,7836	0,7356	0,5161	0,5021	0,9192	0,9160	0,1352	0,1770	0,6693	0,6434
UFGD-HU	0,7105	0,6476	0,6823	0,6685	0,8755	0,8583	0,4497	0,3519	0,7077	0,6619
UFG-HC	0,9407	0,9245	0,6544	0,6296	0,9319	0,9029	0,9811	0,9753	0,9275	0,8720
UFJF-HU	0,9058	0,8736	0,5647	0,5482	0,9087	0,9071	0,8239	0,6049	0,8660	0,7727
UFMA-HU	0,3251	0,3416	0,7160	0,7002	0,7072	0,6709	0,4151	0,3066	0,5021	0,5052
UFMG-HC	0,3948	0,3587	0,6360	0,6268	0,6941	0,6849	0,3617	0,2366	0,5063	0,4880
UFMS-HU	0,7430	0,7258	0,6116	0,5860	0,7898	0,7432	0,7799	0,5473	0,7584	0,6716
UFMT-HU	0,8911	0,8614	0,6520	0,6340	0,8975	0,8869	0,8019	0,5761	0,8577	0,7732
UFPA-HU-BFS	0,8885	0,8418	0,4184	0,3985	0,8621	0,8611	0,8302	0,6132	0,8353	0,7218
UFPA-HU-JBB	0,9830	0,9774	0,5699	0,6070	0,8708	0,8684	0,9969	0,9959	0,9200	0,8773
UFPB-HU	0,8352	0,8105	0,7032	0,6994	0,7054	0,7120	0,5440	0,4753	0,7177	0,6960
UFPE-HC	0,5974	0,5888	0,6179	0,6024	0,8893	0,8653	0,7202	0,4691	0,7260	0,6553
UFPEL-HE	0,8673	0,8245	0,4137	0,3771	0,8357	0,8225	0,7831	0,5514	0,8076	0,6888
UFPR-HC	0,9659	0,9522	0,6047	0,5658	0,4873	0,4707	0,8333	0,9002	0,7484	0,7195
UFPR-MA	0,4581	0,4124	0,6212	0,6053	0,8671	0,8521	0,3491	0,2202	0,5853	0,5499
UFRJ-HE	0,9796	0,9668	0,4904	0,4778	0,8966	0,8805	0,8648	0,6584	0,8932	0,7903
UFRJ-HU	0,9644	0,9548	0,7564	0,7533	0,9036	0,9024	0,8554	0,6461	0,9056	0,8427
UFRJ-IDT	0,7498	0,6599	0,4440	0,4262	0,9222	0,9113	0,7045	0,4486	0,7785	0,6550
UFRJ-IG	0,9807	0,9737	0,5055	0,4978	0,8529	0,8524	0,9874	0,9835	0,9066	0,8484
**UFRJ-IN	0,9829	0,9746	0,8449	0,8503	0,9219	0,9202	1,0000	1,0000	0,9565	0,9390
**UFRJ-IPP	0,9962	0,9942	0,9496	0,9523	0,8632	0,8602	0,9969	0,9959	0,9476	0,9448
UFRJ-IPSI	0,9944	0,9926	1,0000	1,0000	0,7501	0,7865	0,9906	0,9877	0,9101	0,9287
UFRJ-MAE	0,8185	0,8505	0,6680	0,6517	0,8145	0,7989	0,6918	0,5504	0,7792	0,7408
UFRN-HP	0,8565	0,8858	0,6702	0,6502	0,7061	0,6824	0,7013	0,5628	0,7583	0,7175
UFRN-HU-AB	0,9869	0,9814	0,6272	0,6163	0,8962	0,8930	1,0000	1,0000	0,9347	0,8888
UFRN-HU-OL	0,8386	0,7845	0,5953	0,5833	0,9084	0,9051	0,7925	0,5638	0,8362	0,7431
UFRN-MAE	0,9799	0,9702	0,7808	0,7697	0,7688	0,7525	0,7139	0,5792	0,8356	0,7913
UFSC-HU	0,9254	0,8979	0,6826	0,6741	0,8046	0,8088	0,8334	0,6173	0,8475	0,7755
UFS-HU	0,7049	0,6892	0,6607	0,6432	0,8075	0,7693	0,1258	0,1646	0,6095	0,6073
UFMS-HU	0,5874	0,6135	0,5570	0,5351	0,8357	0,8105	0,1572	0,2058	0,5757	0,5839
UFTM-HE	0,6065	0,5651	0,6045	0,5836	0,7788	0,7365	0,4057	0,2942	0,6212	0,5714
UFU-HC	0,5740	0,5239	0,5991	0,5774	0,7997	0,7519	0,1383	0,1811	0,5570	0,5409
UNB-HU	0,8126	0,7543	0,6746	0,6678	0,8629	0,8347	0,7548	0,5144	0,8079	0,7182
*UNIFESP-HU	0,3648	0,2129	0,6466	0,6323	0,7449	0,6822	0,0377	0,0494	0,4419	0,4075
UNIRIO-HU	0,8809	0,8473	0,6574	0,6487	0,9343	0,9308	0,8019	0,5761	0,8669	0,7853
Máximo	0,9962	0,9942	1,0000	1,0000	0,9343	0,9308	1,0000	1,0000	0,9565	0,9448
Mínimo	0,1408	0,1691	0,4116	0,3771	0,4873	0,4707	0,0377	0,0494	0,4341	0,4075
Média	0,7757	0,7529	0,6450	0,6321	0,8285	0,8133	0,6615	0,5373	0,7599	0,7087
Desvio Padrão	0,2019	0,2082	0,1272	0,1323	0,0942	0,0990	0,2703	0,2595	0,1382	0,1268

Nota: \* maior desempenho, \*\* menor desempenho.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados auferidos para o indicador  $S_i$  indicam similaridade com os achados expostos até o momento com os métodos T-ODA e TOPSIS. É possível destacar novamente que os HUs HCPA e UNIFESP lideram este *ranking*, corroborando com os achados do método TOPSIS na comparação para com o CIP. As instituições com menor desempenho foram, UFRJ-IN, no modelo com pesos e o UFRJ-IPP no modelo sem os pesos. Outro fator importante verificado, é que o desempenho médio aumentou seu *score*, o que implica na redução de sua avaliação. Por outro lado, também houve aumento da dispersão dos dados.

Na sequência a Tabela 10 apresenta os resultados para os indicadores  $R_i$ .

**Tabela 10 - Indicador  $R_i$  método VIKOR**

IFES	$R_i(p)$		$R_i(g)$		$R_i(e)$		$R_i(sus)$		$R_i(T)$	
	Com Peso	Sem Peso	Com Peso	Sem Peso	Com Peso	Sem Peso	Com Peso	Sem Peso	Com Peso	Sem Peso
FURG-HU	0,2468	0,1706	0,3173	0,2815	0,2084	0,2000	0,3082	0,2222	0,0912	0,0625
HCPA-HC	0,0754	0,0971	0,2873	0,2549	0,2267	0,1923	0,3082	0,1667	0,0778	0,0601
UFAL-HU	0,2589	0,1686	0,3003	0,2664	0,2097	0,1900	0,6164	0,3333	0,1359	0,0625
UFAMHU	0,3737	0,2000	0,3117	0,2765	0,2267	0,1931	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFBA-HU	0,3737	0,2000	0,3383	0,3323	0,2259	0,1916	0,3082	0,1667	0,1382	0,0625
UFBA-MA	0,2606	0,2000	0,3325	0,2950	0,2226	0,1888	0,4623	0,3128	0,1019	0,0625
UFCG-HU	0,3737	0,2000	0,1476	0,1450	0,2258	0,1923	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFC-HU	0,1524	0,1728	0,3270	0,2901	0,2282	0,1935	0,4623	0,2881	0,1019	0,0605
UFC-MA	0,3737	0,2000	0,3242	0,2876	0,2020	0,1754	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFES-HU	0,3302	0,1767	0,3084	0,2736	0,2247	0,1906	0,6164	0,3333	0,1359	0,0625
UFF-HU	0,3419	0,1830	0,2713	0,2407	0,2245	0,1912	0,1352	0,1770	0,1264	0,0598
UFGD-HU	0,3336	0,1786	0,3035	0,2692	0,2242	0,1901	0,3082	0,1852	0,1234	0,0594
UFG-HC	0,3737	0,2000	0,3324	0,2949	0,2358	0,2000	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFJF-HU	0,3737	0,2000	0,2833	0,2514	0,2240	0,1908	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFMA-HU	0,0882	0,0914	0,3120	0,2768	0,2204	0,1869	0,3082	0,1667	0,0756	0,0584
UFMG-HC	0,1795	0,1098	0,2784	0,2470	0,2340	0,1984	0,3082	0,1667	0,0803	0,0620
UFMS-HU	0,2928	0,1588	0,3159	0,2803	0,2165	0,1943	0,6164	0,3333	0,1359	0,0625
UFMT-HU	0,3737	0,2000	0,2912	0,2583	0,2150	0,1897	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFPA-HU-BFS	0,3737	0,2000	0,3217	0,2854	0,2200	0,1866	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFPA-HU-JBB	0,3737	0,2000	0,3183	0,3127	0,2240	0,2000	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFPB-HU	0,3393	0,1852	0,2954	0,2620	0,2155	0,1836	0,3082	0,3086	0,1254	0,0579
UFPE-HC	0,2126	0,1588	0,2917	0,2588	0,2319	0,1967	0,6164	0,3333	0,1359	0,0625
UFPEL-HE	0,3737	0,2000	0,3080	0,2732	0,2203	0,1869	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFPR-HC	0,3737	0,2000	0,3366	0,2986	0,2290	0,2000	0,4623	0,3333	0,1382	0,0625
UFPR-MA	0,2141	0,1146	0,2987	0,2650	0,2242	0,1902	0,3082	0,1667	0,0792	0,0594
UFRJ-HE	0,3737	0,2000	0,3340	0,2963	0,2274	0,1928	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFRJ-HU	0,3737	0,2000	0,3304	0,2931	0,2315	0,1972	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFRJ-IDT	0,3737	0,2000	0,2588	0,2296	0,2261	0,1926	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFRJ-IG	0,3737	0,2000	0,2792	0,2477	0,2235	0,1970	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFRJ-IN	0,3737	0,2000	0,3319	0,3240	0,2308	0,1985	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFRJ-IPP	0,3737	0,2000	0,3412	0,3254	0,2230	0,2000	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFRJ-IPSI	0,3737	0,2000	0,3757	0,3333	0,2348	0,2000	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFRJ-MAE	0,2660	0,1829	0,3127	0,2774	0,2312	0,1961	0,4623	0,3004	0,1019	0,0613
UFRN-HP	0,2789	0,1943	0,3154	0,2798	0,2269	0,1925	0,4623	0,3128	0,1031	0,0607
UFRN-HU-AB	0,3737	0,2000	0,2748	0,2438	0,2223	0,1893	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFRN-HU-OL	0,3737	0,2000	0,3021	0,2680	0,2234	0,1903	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
UFRN-MAE	0,3737	0,2000	0,3366	0,2986	0,2084	0,2000	0,4623	0,3292	0,1382	0,0625
UFSC-HU	0,3737	0,2000	0,3206	0,2844	0,2223	0,1893	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625

Continua...

Continuação...

UFS-HU	0,2668	0,1686	0,3075	0,2728	0,2048	0,1943	0,1258	0,1646	0,0986	0,0607
UFMS-HU	0,1777	0,1429	0,2896	0,2569	0,2215	0,1879	0,1572	0,2058	0,0760	0,0587
UFTM-HE	0,2798	0,1498	0,2721	0,2444	0,2296	0,1947	0,3082	0,1667	0,1035	0,0609
UFU-HC	0,2587	0,1385	0,2810	0,2493	0,2156	0,1922	0,1383	0,1811	0,0957	0,0601
UNB-HU	0,3646	0,1951	0,2650	0,2431	0,2292	0,1944	0,6164	0,3333	0,1359	0,0625
UNIFESP-HU	0,3424	0,1832	0,2900	0,2573	0,2287	0,1956	0,0377	0,0494	0,1266	0,0611
UNIRIO-HU	0,3679	0,1969	0,3030	0,2689	0,2295	0,1955	0,6164	0,3333	0,1360	0,0625
Máximo	0,3737	0,2000	0,3757	0,3333	0,2358	0,2000	0,6164	0,3333	0,1382	0,0625
Mínimo	0,0754	0,0914	0,1476	0,1450	0,2020	0,1754	0,0377	0,0494	0,0756	0,0579
Média	0,3144	0,1804	0,3039	0,2727	0,2233	0,1930	0,4790	0,2823	0,1232	0,0617
Desvio Padrão	0,0824	0,0299	0,0339	0,0316	0,0077	0,0051	0,1780	0,0771	0,0217	0,0013

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados referentes ao índice  $R_i$  mostram um aumento importante no desempenho médio e na variabilidade da informação, quando da inserção dos pesos. Entende-se neste estudo que quanto maior for a variabilidade dos indicadores, maior será o poder discriminante fornecido pelo método. O coeficiente  $R_i$  não tem um poder importante na mensuração do desempenho em si, pois leva em consideração apenas a pior avaliação que uma alternativa possui. O coeficiente  $R_i$  é utilizado como um favorecimento para os HUs que possuem os menores coeficientes dentro o conjunto.

A Tabela 11 apresenta os resultados referente ao indicador  $Q_i$  construído a partir da combinação linear entre as razões  $(S_{ij} - S_i^+)/(S_i^- - S_i^+)$  e  $(R_{ij} - R_i^+)/(R_i^- - R_i^+)$ . Segundo Opricovic (1998) e Opricovic e Tzeng (2004) o valor  $v = 0,5$  é dado sempre que não existe nenhum consenso de qual indicador possui maior relevância. Entretanto este valor pode ser definido dentro do intervalo  $[0,5, 1,0]$ . O que se buscou inicialmente na construção destes indicadores, foi o estudo das divergências e implicações existentes no indicador  $Q_i$  conforme a variação de  $v$ . Desta forma, foram inicialmente construídos os coeficientes  $Q_i$ , utilizando os valores  $v = 0,5$ ,  $v = 0,6$ ,  $v = 0,7$ ,  $v = 0,8$ ,  $v = 0,9$  e  $v = 1,0$ . O quociente  $Q_i$  destaca o desempenho geral dos hospitais.

Tabela 11 - Indicador  $Q_i$  método VIKOR, *score* geral

IFES	$Q_i$ com pesos						$Q_i$ sem peso					
	v=0,5	v=0,6	v=0,7	v=0,8	v=0,9	v=1,0	v=0,5	v=0,6	v=0,7	v=0,8	v=0,9	v=1,0
FURG-HU	0,603	0,573	0,544	0,514	0,485	0,455	0,243	0,291	0,340	0,389	0,437	0,486
*HCPA-HC	0,983	0,986	0,990	0,993	0,997	1,000	0,738	0,782	0,826	0,869	0,913	0,957
UFAL-HU	0,202	0,235	0,268	0,301	0,334	0,367	0,230	0,276	0,323	0,369	0,415	0,461
UFAM-HU	0,106	0,127	0,148	0,169	0,190	0,211	0,176	0,211	0,246	0,281	0,316	0,352
UFBA-HU	0,193	0,232	0,270	0,309	0,348	0,386	0,198	0,238	0,278	0,317	0,357	0,397
UFBA-MA	0,483	0,463	0,444	0,425	0,406	0,386	0,189	0,227	0,265	0,303	0,341	0,379
UFCG-HU	0,107	0,129	0,150	0,172	0,193	0,215	0,265	0,318	0,371	0,425	0,478	0,531
UFC-HU	0,169	0,203	0,237	0,271	0,305	0,338	0,526	0,544	0,562	0,580	0,598	0,616
UFC-MA	0,612	0,619	0,625	0,632	0,638	0,645	0,163	0,196	0,228	0,261	0,294	0,326
UFES-HU	0,192	0,223	0,255	0,286	0,317	0,348	0,238	0,285	0,333	0,381	0,428	0,476
UFF-HU	0,369	0,405	0,441	0,477	0,514	0,550	0,577	0,574	0,570	0,567	0,564	0,561
UFGD-HU	0,028	0,033	0,039	0,044	0,050	0,056	0,597	0,583	0,569	0,555	0,541	0,527
UFG-HC	0,357	0,380	0,404	0,428	0,452	0,476	0,068	0,081	0,095	0,108	0,122	0,136
UFJF-HU	0,087	0,104	0,121	0,139	0,156	0,173	0,160	0,192	0,224	0,256	0,288	0,320
*UFMA-HU	0,935	0,922	0,909	0,896	0,883	0,870	0,851	0,844	0,838	0,831	0,825	0,818
UFMG-HC	0,894	0,887	0,881	0,875	0,868	0,862	0,478	0,552	0,627	0,701	0,776	0,850
UFMS-HU	0,208	0,242	0,276	0,311	0,345	0,379	0,254	0,305	0,356	0,407	0,458	0,509
UFMT-HU	0,095	0,114	0,132	0,151	0,170	0,189	0,160	0,192	0,224	0,256	0,287	0,319
UFPA-HU-BFS	0,035	0,042	0,049	0,056	0,063	0,070	0,208	0,249	0,291	0,332	0,374	0,415
UFPA-HU-JBB	0,116	0,139	0,163	0,186	0,209	0,232	0,063	0,075	0,088	0,100	0,113	0,126
UFPB-HU	0,330	0,356	0,381	0,406	0,432	0,457	0,732	0,678	0,624	0,570	0,517	0,463
UFPE-HC	0,239	0,279	0,320	0,360	0,401	0,441	0,269	0,323	0,377	0,431	0,485	0,539
UFPEL-HE	0,143	0,171	0,200	0,228	0,257	0,285	0,238	0,286	0,334	0,381	0,429	0,477
UFPR-HC	0,827	0,804	0,780	0,757	0,734	0,711	0,210	0,252	0,294	0,335	0,377	0,419
UFPR-MA	0,199	0,239	0,279	0,319	0,359	0,398	0,699	0,706	0,713	0,721	0,728	0,735
UFRJ-HE	0,044	0,053	0,062	0,071	0,080	0,089	0,144	0,173	0,201	0,230	0,259	0,288
UFRJ-HU	0,170	0,204	0,239	0,273	0,307	0,341	0,095	0,114	0,133	0,152	0,171	0,190
UFRJ-IDT	0,048	0,057	0,067	0,076	0,086	0,096	0,270	0,324	0,378	0,432	0,485	0,539
UFRJ-IG	0,009	0,010	0,012	0,014	0,015	0,017	0,090	0,108	0,126	0,144	0,161	0,179
UFRJ-IN	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,006	0,008	0,009	0,010	0,011
UFRJ-IPP	0,049	0,058	0,068	0,078	0,088	0,097	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
UFRJ-IPSI	0,061	0,073	0,085	0,097	0,109	0,121	0,015	0,018	0,021	0,024	0,027	0,030
UFRJ-MAE	0,459	0,435	0,411	0,387	0,364	0,340	0,321	0,332	0,344	0,356	0,368	0,380
UFRN-HP	0,021	0,025	0,029	0,033	0,038	0,042	0,404	0,408	0,412	0,416	0,419	0,423
UFRN-HU-AB	0,116	0,139	0,162	0,185	0,208	0,232	0,052	0,063	0,073	0,083	0,094	0,104
UFRN-HU-OL	0,115	0,138	0,161	0,184	0,207	0,230	0,188	0,225	0,263	0,300	0,338	0,375
UFRN-MAE	0,470	0,452	0,434	0,416	0,398	0,380	0,143	0,172	0,200	0,229	0,257	0,286
UFSC-HU	0,648	0,651	0,655	0,658	0,661	0,664	0,158	0,189	0,221	0,252	0,284	0,315
UFS-HU	0,104	0,125	0,146	0,167	0,188	0,209	0,507	0,531	0,555	0,580	0,604	0,628
UFMS-HU	0,861	0,835	0,808	0,782	0,755	0,729	0,745	0,730	0,716	0,701	0,686	0,672
UFTM-HE	0,598	0,607	0,616	0,624	0,633	0,642	0,525	0,559	0,593	0,627	0,661	0,695
UFU-HC	0,722	0,731	0,739	0,748	0,756	0,765	0,640	0,662	0,684	0,707	0,729	0,752
UNB-HU	0,160	0,185	0,210	0,235	0,260	0,285	0,211	0,253	0,295	0,337	0,380	0,422
UNIFESP-HU	0,585	0,665	0,745	0,825	0,905	0,985	0,650	0,720	0,790	0,860	0,930	1,000
UNIRIO-HU	0,103	0,117	0,130	0,144	0,158	0,172	0,148	0,178	0,208	0,238	0,267	0,297
Máximo	0,983	0,986	0,990	0,993	0,997	1,000	0,851	0,844	0,838	0,869	0,930	1,000
Mínimo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Média	0,308	0,322	0,335	0,349	0,363	0,376	0,308	0,334	0,360	0,387	0,413	0,440
Desvio Padrão	0,290	0,281	0,275	0,270	0,266	0,265	0,233	0,228	0,227	0,227	0,230	0,236

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados apresentados na Tabela 11 serão melhor entendidos quando analisados na Tabela 12. Por hora é possível destacar o desempenho dos HUs: HCPA e UFMA – HU que



auferiram os maiores coeficientes de desempenho quando considerados os modelos com e sem pesos, respectivamente. Outro fator importante é considerado, quanto ao menor fator de desempenho, todos os HUs com desempenho mínimo, a saber UFRJ-IN com pesos e UFRJ-IPP sem pesos, obtiveram coeficiente zero em seu desempenho, o que é uma limitação para a aplicação dos Índices de Poder.

A Tabela 12 apresenta os resultados dos indicadores  $Q_i$  dados os valores de  $v = 0.5$  à  $v = 1.0$ .

**Tabela 12 – Mutações de  $Q_i$  em função da variação de  $v$**

IFES	$v=$	Ranking com pesos						IFES	$v =$	Ranking sem pesos					
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
HCPA-HC	1	1	1	1	1	1	1	UFMA-HU	1	1	1	3	3	4	
UFMA-HU	2	2	2	2	3	3	3	UFSM-HU	2	3	4	7	7	8	
UFMG-HC	3	3	3	3	4	4	4	HCPA-HC	3	2	2	1	2	2	
UFSM-HU	4	4	4	5	6	6	6	UFPB-HU	4	6	8	11	13	20	
UFPR-HC	5	5	5	6	7	7	7	UFPR-MA	5	5	5	4	6	6	
UFU-HC	6	6	7	7	5	5	5	UNIFESP-HU	6	4	3	2	1	1	
UFSC-HU	7	8	8	8	8	8	8	UFU-HC	7	7	6	5	5	5	
UFC-MA	8	9	9	9	9	9	9	UFGD-HU	8	8	11	13	12	15	
FURG-HU	9	11	11	11	12	14	14	UFF-HU	9	9	10	12	11	11	
UFTM-HE	10	10	10	10	10	10	10	UFC-HU	10	12	12	9	10	10	
UNIFESP-HU	11	7	6	4	2	2	2	UFTM-HE	11	10	9	8	8	7	
UFBA-MA	12	12	12	14	15	18	18	UFS-HU	12	13	13	10	9	9	
UFRN-MAE	13	13	14	15	17	19	19	UFMG-HC	13	11	7	6	4	3	
UFRJ-MAE	14	14	15	17	18	24	24	UFRN-HP	14	14	14	17	21	22	
UFF-HU	15	15	13	12	11	11	11	UFRJ-MAE	15	15	19	23	26	27	
UFG-HC	16	16	16	13	13	12	12	UFRJ-IDT	16	16	15	14	14	12	
UFPB-HU	17	17	17	16	14	13	13	UFPE-HC	17	17	16	15	15	13	
UFPE-HC	18	18	18	18	16	15	15	UFMG-HU	18	18	17	16	16	14	
UFMS-HU	19	19	20	20	21	20	20	UFMS-HU	19	19	18	18	17	16	
UFAL-HU	20	21	22	22	22	21	21	FURG-HU	20	20	20	19	18	17	
UFPR-MA	21	20	19	19	19	16	16	UFPEL-HE	21	21	21	20	19	18	
UFBA-HU	22	22	21	21	20	17	17	UFES-HU	22	22	22	21	20	19	
UFES-HU	23	23	23	23	23	22	22	UFAL-HU	23	23	23	22	22	21	
UFRJ-HU	24	24	24	24	24	23	23	UNB-HU	24	24	24	24	23	23	
UFC-HU	25	25	25	25	25	25	25	UFPR-HC	25	25	25	25	24	24	
UNB-HU	26	26	26	26	26	27	27	UFPA-HU-BFS	26	26	26	26	25	25	
UFPEL-HE	27	27	27	27	27	26	26	UFBA-HU	27	27	27	27	27	26	
UFPA-HU-JBB	28	28	28	28	28	28	28	UFBA-MA	28	28	28	28	28	28	
UFRN-HU-AB	29	29	29	29	29	29	29	UFRN-HU-OL	29	29	29	29	29	29	
UFRN-HU-OL	30	30	30	30	30	30	30	UFAMHU	30	30	30	30	30	30	
UFCG-HU	31	31	31	31	31	31	31	UFC-MA	31	31	31	31	31	31	
UFAMHU	32	32	32	32	32	32	32	UFJF-HU	32	32	32	32	32	32	
UFS-HU	33	33	33	33	33	33	33	UFMT-HU	33	33	33	33	33	33	
UNIRIO-HU	34	34	35	35	35	36	36	UFSC-HU	34	34	34	34	34	34	
UFMT-HU	35	35	34	34	34	34	34	UNIRIO-HU	35	35	35	35	35	35	
UFJF-HU	36	36	36	36	36	35	35	UFRJ-HE	36	36	36	36	36	36	
UFRJ-IPSI	37	37	37	37	37	37	37	UFRN-MAE	37	37	37	37	37	37	
UFRJ-IPP	38	38	38	38	38	38	38	UFRJ-HU	38	38	38	38	38	38	
UFRJ-IDT	39	39	39	39	39	39	39	UFRJ-IG	39	39	39	39	39	39	
UFRJ-HE	40	40	40	40	40	40	40	UFG-HC	40	40	40	40	40	40	
UFPA-HU-BFS	41	41	41	41	41	41	41	UFPA-HU-JBB	41	41	41	41	41	41	
UFGD-HU	42	42	42	42	42	42	42	UFRN-HU-AB	42	42	42	42	42	42	
UFRN-HP	43	43	43	43	43	43	43	UFRJ-IPSI	43	43	43	43	43	43	
UFRJ-IG	44	44	44	44	44	44	44	UFRJ-IN	44	44	44	44	44	44	
UFRJ-IN	45	45	45	45	45	45	45	UFRJ-IPP	45	45	45	45	45	45	

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados apresentados na Tabela 12 descrevem a variação do indicador  $Q_i$  de acordo com o fator  $v$ . Destaca-se que de modo geral, como já mencionado anteriormente, o método deve assumir  $v = 0.5$ . Assumiu-se então o estudo do efeito destes valores. É possível afirmar que quanto pior for uma avaliação em específico, mais penalizado será o HU estudado. Desta forma, é possível destacar o desempenho do UNIFESP-HU, que para  $v = 1.0$  foi estabelecido como segundo colocado no *ranking* e com  $v = 0.5$  foi posto na 11ª posição, isto considerando os *scores* obtidos com pesos. Sem pesos entrópicos, o referido HU, era primeiro com  $v = 1.0$  e passou a sexto com  $v = 0.5$ . Destaca-se ainda que as últimas posições do *ranking* não sofreram significativas alterações.

Comparando os resultados obtidos, tanto pelo método TOPSIS como pelo método VIKOR, com resultados auferidos nos trabalhos de Lins et al. (2007) e Lobo et al. (2010), que aplicaram o modelo DEA, verifica-se estas como uma aplicações, haja vista que os métodos estudados diretamente por esta tese mensuram o desempenho de forma mais discricionária. Ou seja, os índices de desempenho mensurados por este trabalho procuram diferenciar o resultado de cada hospital, e por este motivo os métodos apresentados por esta seção tornam-se mais viáveis para utilização dos Índices de Poder.

#### 4.3 MENSURAÇÃO DO DESEMPENHO POR PROMETHEE II

O método PROMETHEE II configura o representante da terceira vertente de Métodos de Apoio a Decisão Multicritério, o conjunto denominado métodos *outrankings* ou métodos do sobreposição. Estes métodos são comumente associados a escola francesa de MCDM, pelo fato de que os dois principais conjuntos de métodos são a família ELECTRE e a família PROMETHEE. O método PROMETHEE II é o principal modelo de apoio a problemas de construção de *rankings*. Sua estrutura leva em consideração os indicadores de margem de superioridade e margem de sobreposição, respectivamente  $\phi_i^+$  e  $\phi_i^-$ , o saldo destes indicadores corresponde ao índice de desempenho geral. Desta maneira, a Tabela 13 apresenta os resultados obtidos pelo método PROMETHEE II na mensuração do desempenho.

Tabela 13 – Resultados PROMETHEE II

IFES	Com Pesos			Ranking	Sem Pesos			Ranking	Variação Posição
	$\phi_i^+[T]$	$\phi_i^-[T]$	$\phi_i[T]$		$\phi_i^+[T]$	$\phi_i^-[T]$	$\phi_i[T]$		
FURG-HU	18,790	10,3331	8,457	11	16,558	10,772	5,786	15	4
*HCPA-HC	28,256	5,9155	22,340	2	26,610	5,745	20,865	1	-1
UFAL-HU	16,576	10,6238	5,952	15	15,795	10,577	5,217	17	2
UFAMHU	6,107	16,0584	-9,950	35	8,344	14,701	-6,357	32	-3
UFBA-HU	12,062	13,6225	-1,560	24	11,536	15,137	-3,601	28	4
UFBA-MA	15,436	13,5031	1,933	19	12,203	16,712	-4,508	30	11
UFCG-HU	10,754	12,9089	-2,153	26	15,236	10,556	4,680	19	-7
UFC-HU	22,172	9,3804	12,791	10	19,194	10,367	8,827	10	0
UFC-MA	11,448	13,4838	-2,035	25	11,434	13,607	-2,173	26	1
UFES-HU	11,233	12,7869	-1,553	23	12,577	11,916	0,661	21	-2
UFF-HU	16,643	10,0270	6,616	12	17,091	9,379	7,712	11	-1
UFGD-HU	16,446	10,0289	6,418	13	15,605	10,228	5,377	16	3
**UFG-HC	3,143	22,1181	-18,974	44	4,914	21,943	-17,029	42	-2
UFJF-HU	7,089	15,4248	-8,335	34	10,024	13,674	-3,650	29	-5
*UFMA-HU	29,401	5,4118	23,989	1	25,508	7,144	18,364	2	1
UFMG-HC	27,384	7,7049	19,679	4	25,279	7,890	17,388	4	0
UFMS-HU	15,867	10,9647	4,903	16	16,694	10,168	6,526	13	-3
UFMT-HU	7,824	14,8463	-7,021	31	9,342	13,980	-4,637	31	0
UFPA-HU-BFS	9,745	14,3668	-4,621	28	12,850	12,861	-0,011	23	-5
UFPA-HU-JBB	5,429	21,2395	-15,810	41	6,773	23,621	-16,848	41	0
UFPB-HU	17,168	11,1592	6,009	14	15,223	12,490	2,732	20	6
UFPE-HC	16,107	11,6313	4,476	17	16,766	10,339	6,426	14	-3
UFPEL-HE	12,148	12,3399	-0,191	21	15,664	10,483	5,180	18	-3
UFPR-HC	10,850	17,9378	-7,087	33	11,659	19,148	-7,488	34	1
UFPR-MA	24,102	7,1210	16,982	6	22,343	7,213	15,129	7	1
UFRJ-HE	3,784	19,3265	-15,542	40	6,248	18,514	-12,266	38	-2
UFRJ-HU	4,478	19,7043	-15,226	39	5,327	20,422	-15,094	40	1
UFRJ-IDT	11,900	12,9125	-1,012	22	17,264	10,084	7,180	12	-10
UFRJ-IG	7,417	19,0869	-11,669	37	9,784	19,239	-9,455	36	-1
UFRJ-IN	4,011	22,7964	-18,784	43	3,610	25,243	-21,633	43	0
UFRJ-IPP	4,004	22,5420	-18,537	42	3,659	26,292	-22,633	44	2
**UFRJ-IPSI	3,845	24,3182	-20,473	45	3,010	28,499	-25,488	45	0
UFRJ-MAE	13,767	13,5228	0,244	20	11,713	14,251	-2,538	27	7
UFRN-HP	15,976	12,8571	3,118	18	14,089	13,640	0,449	22	4
UFRN-HU-AB	4,961	19,3403	-14,378	38	6,648	19,670	-13,022	39	1
UFRN-HU-OL	8,782	13,7808	-4,998	29	11,247	12,506	-1,258	25	-4
UFRN-MAE	10,508	17,2961	-6,787	30	9,301	19,188	-9,886	37	7
UFSC-HU	8,619	15,6691	-7,049	32	9,371	15,865	-6,493	33	1
UFS-HU	23,057	8,0091	15,048	9	19,642	8,942	10,699	9	0
UFMS-HU	24,279	6,9579	17,321	5	21,795	7,158	14,637	8	3
UFTM-HE	24,481	7,6874	16,793	7	24,006	7,322	16,683	5	-2
UFU-HC	26,387	6,6508	19,736	3	24,559	6,860	17,699	3	0
UNB-HU	9,695	13,8658	-4,169	27	12,356	12,728	-0,372	24	-3
UNIFESP-HU	24,510	8,4893	16,020	8	24,390	7,937	16,452	6	-2
UNIRIO-HU	5,589	16,4994	-10,910	36	7,463	15,691	-8,228	35	-1
Máximo	29,401	24,3182	23,989	-	26,610	28,499	20,865	-	-
Mínimo	3,143	5,4118	-20,473	-	3,010	5,745	-25,488	-	-
Média	13,605	13,6056	0,000	-	13,793	13,793	0,000	-	-
Desvio padrão	7,677	4,9341	12,392	-	6,488	5,611	11,813	-	-

Fonte: resultados da pesquisa.

Destaca-se dos resultados do Método PROMETHEE II, apresentados na Tabela 13, o desempenho do UFMA-HU no *score* obtido com a utilização de pesos entrópicos, levando em

consideração que foi o maior desempenho dentre todos. Bem como o desempenho do HCPA, com o maior desempenho no índice sem pesos informacionais. Como destaques negativos estão os HUs, UFRJ-PSI para ambos os índices.

Na tabela é possível verificar os efeitos da utilização dos pesos entrópicos. A variação entre os HUs não é tão acentuada como ocorreu nos resultados apresentados pelos métodos TOPSIS e VIKOR. Nas posições dos extremos do *ranking* a variação não foi muito forte, entretanto nas posições centrais é possível perceber os efeitos em HUs como UFBA-HU com o ganho de 11 posições e do UFRJ-IDT com a perda de 10 posições.

Verifica-se ainda uma das características do método PROMETHEE II, a soma dos *scores* finais  $\phi_i$  é nula. Mantida esta escala, o método seria inviável para a aplicação dos índices de poder, tendo em vista que as quotas de aprovação são definidas como uma proporção da soma do número de votos. Assim optou-se por duas formas de transformação, a serem avaliadas:

i) baseada na construção do índice final de desempenho do método TOPSIS, considerou-se a seguinte transformação:

$$\phi'_i[T] = \frac{\phi_i^+[T]}{\phi_i^+[T] + \phi_i^-[T]}$$

Percebe-se nesta transformação que, quanto maior for o índice de sobreposição  $\phi_i^-[T]$  menor será o desempenho final do HU. Por outro lado, quanto menor for a margem de sobreposição, o *score* de desempenho tende a 1. A escala mínima para este indicador seria zero, porém zero é um valor obtido apenas se a alternativa for completamente dominada.

ii) a segunda forma assumida para a construção do índice geral de desempenho por meio do método PROMETHEE II, foi a comparação por meio de um quociente ao invés de uma diferença. Assim a segunda transformação seria dada por:

$$\phi''_i[T] = \frac{\phi_i^+[T]}{\phi_i^-[T]}$$

Ao contrário do índice gerado pela primeira transformação, este não possui limite superior, apenas inferior, que seria quando a margem de superioridade fosse nula. A igualdade entre as margens é sinalizada pelo valor 1.

Os resultados destas transformações são apresentados na Tabela 14 a seguir.

Tabela 14 – Scores transformados, método PROMETHEE II

	Scores					Ranking			Variação	
	$\phi_i^+[T]$	$\phi_i^-[T]$	$\phi_i[T]$	$\phi_i'[T]$	$\phi_i''[T]$	$\phi_i[T]$	$\phi_i'[T]$	$\phi_i''[T]$	$\phi_i'[T]$	$\phi_i''[T]$
IFES	18,7906	10,3331	8,4575	0,6452	1,8185	11	11	11	0	0
FURG-HU	28,2563	5,9155	22,3408	0,8269	4,7767	2	2	2	0	0
HCPA-HC	16,5764	10,6238	5,9526	0,6094	1,5603	15	14	14	1	1
UFAL-HU	6,1078	16,0584	-9,9506	0,2755	0,3804	35	36	36	-1	-1
UFAMHU	12,0622	13,6225	-1,5603	0,4696	0,8855	24	23	23	1	1
UFBA-HU	15,4360	13,5031	1,9330	0,5334	1,1432	19	19	19	0	0
UFBA-MA	11,4486	13,4838	-2,0352	0,4592	0,8491	25	25	25	0	0
UFCG-HU	10,7549	12,9089	-2,1539	0,4545	0,8331	26	26	26	0	0
UFC-HU	22,1720	9,3804	12,7916	0,7027	2,3637	10	10	10	0	0
UFC-MA	11,2338	12,7869	-1,5531	0,4677	0,8785	23	24	24	-1	-1
UFES-HU	16,6430	10,0270	6,6160	0,6240	1,6598	12	12	12	0	0
UFF-HU	3,1438	22,1181	-18,9743	0,1244	0,1421	44	45	45	-1	-1
UFGD-HU	16,4469	10,0289	6,4180	0,6212	1,6400	13	13	13	0	0
UFG-HC	7,0894	15,4248	-8,3354	0,3149	0,4596	34	34	34	0	0
UFJF-HU	29,4011	5,4118	23,9893	0,8445	5,4328	1	1	1	0	0
UFMA-HU	27,3845	7,7049	19,6796	0,7804	3,5541	4	4	4	0	0
UFMG-HC	15,8679	10,9647	4,9032	0,5914	1,4472	16	16	16	0	0
UFMS-HU	7,8245	14,8463	-7,0217	0,3451	0,5270	31	33	33	-2	-2
UFMT-HU	5,4295	21,2395	-15,8100	0,2036	0,2556	41	39	39	2	2
UFPA-HU-BFS	9,7456	14,3668	-4,6212	0,4042	0,6783	28	28	28	0	0
UFPA-HU-JBB	17,1688	11,1592	6,0096	0,6061	1,5385	14	15	15	-1	-1
UFPE-HC	16,1078	11,6313	4,4765	0,5807	1,3849	17	17	17	0	0
UFPEL-HE	12,1482	12,3399	-0,1917	0,4961	0,9845	21	21	21	0	0
UFPR-HC	24,1029	7,1210	16,9820	0,7719	3,3848	6	6	6	0	0
UFPR-MA	10,8506	17,9378	-7,0871	0,3769	0,6049	33	31	31	2	2
UFRJ-HE	3,8451	24,3182	-20,4731	0,1365	0,1581	45	44	44	1	1
UFRJ-HU	11,9005	12,9125	-1,0120	0,4796	0,9216	22	22	22	0	0
UFRJ-IDT	7,4174	19,0869	-11,6696	0,2799	0,3886	37	35	35	2	2
UFRJ-IG	4,0041	22,5420	-18,5379	0,1508	0,1776	42	42	42	0	0
UFRJ-IN	4,0115	22,7964	-18,7849	0,1496	0,1760	43	43	43	0	0
UFRJ-IPP	4,4782	19,7043	-15,2261	0,1852	0,2273	39	40	40	-1	-1
UFRJ-IPSI	3,7841	19,3265	-15,5424	0,1637	0,1958	40	41	41	-1	-1
UFRJ-MAE	13,7675	13,5228	0,2448	0,5045	1,0181	20	20	20	0	0
UFRN-HP	4,9619	19,3403	-14,3784	0,2042	0,2566	38	38	38	0	0
UFRN-HU-AB	10,5085	17,2961	-6,7877	0,3779	0,6076	30	30	30	0	0
UFRN-HU-OL	8,7827	13,7808	-4,9980	0,3892	0,6373	29	29	29	0	0
UFRN-MAE	15,9760	12,8571	3,1188	0,5541	1,2426	18	18	18	0	0
UFSC-HU	23,0575	8,0091	15,0483	0,7422	2,8789	9	9	9	0	0
UFS-HU	8,6197	15,6691	-7,0494	0,3549	0,5501	32	32	32	0	0
UFSP-HU	24,2794	6,9579	17,3215	0,7773	3,4895	5	5	5	0	0
UFTM-HE	24,4812	7,6874	16,7938	0,7610	3,1846	7	7	7	0	0
UFU-HC	26,3872	6,6508	19,7363	0,7987	3,9675	3	3	3	0	0
UNB-HU	9,6959	13,8658	-4,1699	0,4115	0,6993	27	27	27	0	0
UNIFESP-HU	24,5101	8,4893	16,0208	0,7427	2,8872	8	8	8	0	0
UNIRIO-HU	5,5893	16,4994	-10,9101	0,2530	0,3388	36	37	37	-1	-1

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados apresentados na Tabela 14 destacam, além dos *scores* transformados, as mudanças ocorridas nos *rankings*. Verifica-se, por exemplo, que os efeitos sobre os *rankings* foram mais percebidos nos HUs posicionados do centro para o final do *ranking*. Assim é possível perceber que até a 13ª posição não ocorreu nenhuma mudança entre os *rankings*. É

fato também que os *rankings* entre as transformações são idênticos. E assim considerando, o estudo opta pela primeira transformação, tendo em conta sua escala limitada.

Os resultados obtidos por meio do método PROMETHEE II, e que foram apresentados nas Tabelas 13 e 14, destacam a confirmação da superioridade auferido pelos hospitais UFMA-HU e HCPA. Percebe-se até o momento que as referidas instituições foram líderes em todos os *rankings*, apenas apresentam variações de posições entre elas. Considera-se aqui os *rankings* obtidos por meio da utilização de pesos entrópicos. Desta maneira, os resultados obtidos pelo método PROMETHEE II, com o score  $\phi_i[T]$  transformado, confirmam a aplicabilidade dos MCDM como estratégia de mensuração do desempenho. E como já mencionado, estes indicadores conseguem mensurar o desempenho de maneira mais discriminatória, o que é essencial para os modelos de alocação de recursos.

Esta virtude do conjunto de métodos aqui apresentados vai de encontro a virtude do modelo DEA aplicado por Lins et al. (2007) e Lobo et al. (2010), tendo em vista que o DEA aplicado nos referidos estudos possui cunho mais de apoio gerencial para a tomada de decisão do que de classificação e mensuração discricionária do desempenho. O mesmo método esbarraria na condição de que o porte é fator importante na distribuição dos recursos. Os resultados ainda corroboram com o que Papanicolas et al. (2013) destacam sobre a necessidade de novos modelos de mensuração do desempenho de entidades hospitalares.

#### 4.4 DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS PELOS ÍNDICES DE PODER

Esta seção destina-se a apresentar os resultados decorrentes da investigação empírica realizada frente a aplicação dos Índices de Shapley-Shubik e Banzhaf em sistemas de avaliação de desempenho com objetivo na distribuição de recursos. Conforme apresentado na seção 4.4, os Índices de Poder são de difícil operacionalização, tendo em vista sua complexidade de formulação das coalizões. Desta forma, esta seção é dividida em duas subseções, sendo a primeira delas destinada a validação do modelo de simulação de Monte Carlo elaborado para aplicação nestes problemas. E a segunda subseção destina-se a apresentação dos resultados da aplicação dos índices utilizando o desempenho mensurado segundo os métodos T-ODA, TOPSIS, VIKOR e PROMETHEE II.

#### 4.4.1 Modelo de Simulação para Estimação dos Índices de Poder

Para a validação do modelo de simulação elaborado com o intuito de obter os índices de poder para os HUs, testou-se o método em um situação hipotética dada da seguinte forma: Supondo um jogo em que dez jogadores fazem parte de uma comissão de votação. Os votos são ponderados para cada jogador, sendo que os jogadores possuem a seguinte discriminação de votos: o Jogador A tem 20 votos, Jogador B tem 16 votos, Jogador C tem 14 votos, Jogador D tem 11 votos, Jogador E e Jogador F tem 10 votos cada, Jogador G tem 8 votos, Jogador H tem 5 votos, Jogador I tem 4 votos e Jogador J tem 2 votos. Para a aprovação de uma proposta, a comissão deve somar pelo menos 50 votos favoráveis, que será considerado como cota do jogo.

Esta situação permite o cálculo dos Índices de Poder de maneira exata segundo o marco teórico descrito nas seções 4.4.1 e 4.4.2. Assim a Tabela 15 apresenta uma esquematização que permitiu a obtenção dos indicadores, tanto Banzhaf ( $Bz(i)$ ), como Shapley-Shubik ( $SS(i)$ ) na sua forma exata. Para a melhor leitura da tabela, cabe destacar que o tamanho da coalizão refere-se ao número de jogadores que existem em uma coalizão vencedora, a qual com a retirada do jogador a que a linha se refere, passa a ser perdedora.

**Tabela 15 - Cálculo dos Índices de Poder de Banzhaf e Shapley-Shubik**

		Peso	Tamanho da Coalizão*										Total	$Bz(i)$	$SS(i)$
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Jogadores	A	20	0	0	0	24	94	99	27	1	0	0	245	0,21416084	0,21666667
	B	16	0	0	0	19	70	75	22	1	0	0	187	0,16346154	0,16666667
	C	14	0	0	0	15	61	65	17	1	0	0	159	0,13898601	0,14087302
	D	11	0	0	0	12	48	51	12	0	0	0	123	0,10751748	0,10714286
	E	10	0	0	0	10	43	47	11	0	0	0	111	0,09702797	0,09642857
	F	10	0	0	0	10	43	47	11	0	0	0	111	0,09702797	0,09642857
	G	8	0	0	0	7	35	37	6	0	0	0	85	0,07430070	0,07261905
	H	5	0	0	0	4	22	25	4	0	0	0	55	0,04807692	0,04682540
	I	4	0	0	0	2	17	21	3	0	0	0	43	0,03758741	0,03611111
	J	2	0	0	0	1	11	13	0	0	0	0	25	0,02185315	0,02023810

\* número de *swings* que o jogador é para a coalizão do referido tamanho.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados da Tabela 15 descrevem algumas propriedades, outrora referidas como axiomas, dos índices de poder e que agora podem ser verificados empiricamente. A primeira delas faz referência ao axioma da simetria, que ocorre com os jogadores E e F que possuem o mesmo número de votos. Outro caso importante destacado por Banzhaf (1965,1968) é a não

distribuição proporcional do poder, e sim que o poder depende diretamente do número de coalizões a qual o jogador é *swing*. Também é verificado o axioma da eficiência para os Índices de Shapley-Shubik, visto que a soma destes Índices de Poder é igual a  $v(S) = 1$ .

De posse dos valores exatos dos índices de poder, procedeu-se com o processo de estimação por simulação. O processo ocorre com a simulação de coalizões aleatórias em que são avaliadas para cada jogador, quantas vezes o mesmo se torna um *swing*. Estabeleceu-se um número de coalizões simuladas, neste caso em um primeiro momento 10.000 coalizões e em um segundo momento 100.000 coalizões, e o processo foi repetido por 200 vezes. A Tabela 16 descreve as estimativas obtidas pela simulação. Também são descritos os erros absolutos auferidos pelo modelo.

**Tabela 16 - Resultado das Simulações para mensuração dos Índices de Poder**

Estimação Banzhaf		10.000 coalizões simuladas		100.000 coalizões simuladas	
	Banzhaf	$Bz(i)$	Erro	$Bz(i)$	Erro
A	0,21416084	0,21436897	0,00020813	0,21425886	0,00009802
B	0,16346154	0,16314225	0,00031929	0,16338066	0,00008088
C	0,13898601	0,13888765	0,00009837	0,13909419	0,00010818
D	0,10751748	0,10767268	0,00015519	0,10753894	0,00002146
E	0,09702797	0,09705877	0,00003079	0,09702265	0,00000532
F	0,09702797	0,09714571	0,00011774	0,09697507	0,00005290
G	0,07430070	0,07420732	0,00009338	0,07427553	0,00002517
H	0,04807692	0,04815688	0,00007996	0,04800367	0,00007326
I	0,03758741	0,03753665	0,00005076	0,03759097	0,00000356
J	0,02185315	0,02182312	0,00003003	0,02185946	0,00000631
Média			0,00011836		0,00004751
Estimação Shapley-Shubik		10.000 coalizões simuladas		100.000 coalizões simuladas	
	SS	SS(i)	Erro	SS(i)	Erro
A	0,21666667	0,21697916	0,00031249	0,21654007	0,00012660
B	0,16666667	0,16649997	0,00016669	0,16655629	0,00011037
C	0,14087302	0,14092576	0,00005274	0,14094335	0,00007034
D	0,10714286	0,10694196	0,00020090	0,10714368	0,00000082
E	0,09642857	0,09626577	0,00016280	0,09645297	0,00002440
F	0,09642857	0,09646534	0,00003677	0,09645727	0,00002870
G	0,07261905	0,07250714	0,00011191	0,07266958	0,00005054
H	0,04682540	0,04689848	0,00007308	0,04690323	0,00007784
I	0,03611111	0,03616381	0,00005270	0,03609549	0,00001562
J	0,02023810	0,02035262	0,00011452	0,02023807	0,00000003
Média			0,00012846		0,00005052

Fonte: resultados da pesquisa.



Os resultados apresentados na Tabela 16 mostram-se satisfatórios por mensurar os Índices de Poder com um erro absoluto médio dentro dos padrões estabelecidos para o modelo proposto de distribuição de recursos. Seguindo as afirmações de Hammersley e Handscomb (1964), Newman e Barkema (1999) e Dimov (2008), mesmo que o modelo de simulação seja mais comum para pesquisas em física e engenharias, o método se mostrou poderoso na mensuração dos índices de poder. Cabe destacar também, que ao se aumentar o número de simulações feitas por iteração, o erro absoluto médio foi reduzido, o que indica a possibilidade de obtenção dos Índices de Shapley-Shubik e Banzhaf para qualquer grau de precisão. Evidentemente este aumento de precisão implica em aumento da necessidade de potência computacional.

Para verificação da precisão auferida junto ao modelo de simulação, estimou-se intervalos de confiança para as aproximações. Assume-se para tanto que as 200 estimativas realizadas pelo método, aproximam-se de uma distribuição normal, conforme Teorema Central dos Limites. Por se tratar de parâmetros estimados para a média e o desvio padrão, obteve-se o intervalo de confiança com base na distribuição *t – student* com  $n - 1$  graus de liberdade. A Tabela 17 descreve estes intervalos de confiança para  $\alpha = 0.05$ .

**Tabela 17 – Intervalos de confiança das estimativas dos Índices de Poder**

Índice Banzhaf				
Média	Desvio Padrão	Limites		Amplitude
		Inferior	Superior	
10.000 simulações				
0,2140	0,0037	0,2134	0,2145	0,0010
0,1634	0,0031	0,1630	0,1639	0,0009
0,1390	0,0027	0,1387	0,1394	0,0008
0,1074	0,0024	0,1070	0,1077	0,0007
0,0969	0,0022	0,0966	0,0972	0,0006
0,0972	0,0019	0,0969	0,0975	0,0005
0,0745	0,0022	0,0742	0,0749	0,0006
0,0480	0,0018	0,0477	0,0482	0,0005
0,0376	0,0015	0,0374	0,0378	0,0004
0,0219	0,0014	0,0218	0,0221	0,0004
100.000 simulações				
0,2143	0,0011	0,2141	0,2144	0,0004
0,1634	0,0009	0,1633	0,1635	0,0003
0,1391	0,0008	0,1390	0,1392	0,0003
0,1075	0,0006	0,1074	0,1076	0,0002
0,0970	0,0007	0,0969	0,0971	0,0002
0,0970	0,0007	0,0969	0,0971	0,0002
0,0743	0,0006	0,0742	0,0744	0,0002
0,0480	0,0005	0,0479	0,0481	0,0002
0,0376	0,0005	0,0375	0,0377	0,0002
0,0219	0,0004	0,0218	0,0219	0,0001

Índice Shapley-Shubik				
Média	Desvio Padrão	Limites		Amplitude
		Inferior	Superior	
10.000 simulações				
0,2169	0,0037	0,2164	0,2174	0,0010
0,1664	0,0028	0,1660	0,1668	0,0008
0,1407	0,0028	0,1404	0,1411	0,0008
0,1073	0,0023	0,1070	0,1076	0,0006
0,0964	0,0020	0,0962	0,0967	0,0006
0,0966	0,0021	0,0963	0,0969	0,0006
0,0725	0,0021	0,0722	0,0728	0,0006
0,0469	0,0018	0,0466	0,0471	0,0005
0,0360	0,0017	0,0358	0,0363	0,0005
0,0202	0,0012	0,0201	0,0204	0,0003
100.000 simulações				
0,2165	0,0011	0,2164	0,2167	0,0003
0,1666	0,0010	0,1664	0,1667	0,0003
0,1409	0,0007	0,1408	0,1410	0,0002
0,1071	0,0006	0,1071	0,1072	0,0002
0,0965	0,0007	0,0964	0,0966	0,0002
0,0965	0,0007	0,0964	0,0966	0,0002
0,0727	0,0006	0,0726	0,0728	0,0002
0,0469	0,0006	0,0468	0,0470	0,0002
0,0361	0,0005	0,0360	0,0362	0,0001
0,0202	0,0003	0,0202	0,0203	0,0001

Fonte: resultados da pesquisa.

De acordo com os intervalos obtidos, é possível estabelecer, com base na amplitude deste intervalo, o erro associado a estimativa. Desta forma, é evidente que as estimativas consideradas, definem uma precisão de três casas decimais. Considerando o problema de aplicação estudado, este padrão é suficiente para se ter um bom comparativo.

Comparando ainda com os modelos propostos por Leech (2003) e Klinz e Woeginger (2005) o modelo não auferiu as precisões de forma semelhante aos trabalhos. Entretanto, o sistema utilizado para a simulação mostra-se bastante simples quando comprado com os referidos modelos. Desta forma entende-se, corroborando com Shapley (1960) e Benati, Rizzi e Tovey (2015), que o modelo de simulação de Monte Carlo, considerando a precisão necessária para distribuição de recursos (entende-se que a precisão necessária é de  $10^{-3}$ ), é viável e satisfatório para os objetivos da pesquisa.

#### 4.4.2 Aplicação dos Índices de Poder na Distribuição de Recursos

Esta seção destina-se a descrição dos resultados obtidos na aplicação dos Índices de Poder em sistemas de avaliação de desempenho. Considerou-se para tanto que cada HU definiria um jogador e que seu peso de votação seria estabelecido pelo *score* de desempenho auferido pelos MCDM aplicados na seção anterior. Cabe destacar ainda que um jogo de votação, como definido anteriormente, é um par ordenado  $(\bar{P}, q)$ , onde  $\bar{P}$  denota o vetor de pesos de votação, neste caso *scores* de desempenho, e  $q$  representa a cota de aprovação.

Discute-se muito em pesquisas de aplicação as implicações das cotas de aprovação na distribuição de poder, ver Felsenthal e Machover (1997), Bindseil e Hantke (1997), Aleskerov et al. (2002), Laruelle e Valenciano (2002), Jelnov e Tauman (2014) entre outros. Segundo estes trabalhos, existem basicamente dois tipos de cotas de aprovação, a maioria simples e a maioria qualificada. A maioria simples, como a maior parte das comissões de votação adotam, estabelece que um projeto é aprovado se obter  $1/2$  do total de votos existente na comissão. Já a maioria qualificada pode ser definida de duas formas, uma considera  $3/5$  do total de votos e outra  $2/3$ . Como nas aplicações citadas as cotas de aprovação eram inerentes a comissão analisada, como Conselho de Ministros da União Europeia, esta pesquisa optou por estudar cada uma das referidas cotas. Assim os cálculos foram feitos para as cotas  $q = 1/2$ ,  $q = 3/5$  e  $q = 2/3$ . Ao final, a pesquisa tomou apenas uma delas para aplicação na distribuição.

A Tabela 18 apresenta o primeiro conjunto de resultados. Eles fazem referência ao poder de cada hospital segundo seu desempenho mensurado por meio do método T-ODA.

**Tabela 18 – Índices de Poder para o desempenho segundo T-ODA**

HUs	Índice Banzhaf			Índice Shapley-Shubik		
	$q = 1/2$	$q = 3/5$	$q = 2/3$	$q = 1/2$	$q = 3/5$	$q = 2/3$
	$Bz_i$ (Erro)	$Bz_i$ (Erro)	$Bz_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)
FURG-HU	0,0253 (0,0002)	0,0254 (0,0003)	0,0256 (0,0005)	0,0254 (0,0002)	0,0252 (0,0004)	0,0250 (0,0008)
HCPA-HC	0,0517 (0,0004)	0,0500 (0,0005)	0,0475 (0,0007)	0,0518 (0,0004)	0,0519 (0,0007)	0,0525 (0,0021)
UFAL-HU	0,0246 (0,0002)	0,0246 (0,0003)	0,0248 (0,0006)	0,0246 (0,0002)	0,0246 (0,0003)	0,0244 (0,0008)
UFAM-HU	0,0153 (0,0002)	0,0155 (0,0002)	0,0160 (0,0005)	0,0153 (0,0002)	0,0153 (0,0003)	0,0154 (0,0006)
UFBA-HU	0,0183 (0,0002)	0,0185 (0,0003)	0,0189 (0,0004)	0,0183 (0,0002)	0,0182 (0,0003)	0,0184 (0,0007)
UFBA-MA	0,0279 (0,0002)	0,0278 (0,0003)	0,0281 (0,0006)	0,0280 (0,0002)	0,0280 (0,0004)	0,0282 (0,0009)
UFCG-HU	0,0169 (0,0002)	0,0171 (0,0003)	0,0176 (0,0005)	0,0169 (0,0002)	0,0168 (0,0003)	0,0173 (0,0007)
UFC-HU	0,0172 (0,0002)	0,0173 (0,0002)	0,0180 (0,0004)	0,0172 (0,0002)	0,0172 (0,0003)	0,0173 (0,0006)
UFC-MA	0,0394 (0,0003)	0,0389 (0,0004)	0,0382 (0,0006)	0,0395 (0,0003)	0,0395 (0,0005)	0,0389 (0,0014)
UFES-HU	0,0213 (0,0002)	0,0215 (0,0003)	0,0216 (0,0005)	0,0214 (0,0002)	0,0211 (0,0003)	0,0210 (0,0008)
UFF-HU	0,0215 (0,0002)	0,0216 (0,0002)	0,0217 (0,0005)	0,0215 (0,0002)	0,0215 (0,0003)	0,0217 (0,0007)
UFGD-HU	0,0094 (0,0001)	0,0096 (0,0002)	0,0097 (0,0004)	0,0093 (0,0001)	0,0094 (0,0002)	0,0095 (0,0006)
UFG-HC	0,0227 (0,0002)	0,0229 (0,0003)	0,0228 (0,0005)	0,0227 (0,0002)	0,0226 (0,0003)	0,0227 (0,0007)
UFJF-HU	0,0127 (0,0002)	0,0130 (0,0002)	0,0131 (0,0004)	0,0126 (0,0001)	0,0128 (0,0003)	0,0126 (0,0006)
UFMA-HU	0,0477 (0,0004)	0,0464 (0,0004)	0,0445 (0,0007)	0,0475 (0,0003)	0,0477 (0,0006)	0,0472 (0,0019)
UFMG-HC	0,0419 (0,0003)	0,0411 (0,0004)	0,0399 (0,0007)	0,0421 (0,0003)	0,0418 (0,0006)	0,0415 (0,0015)
UFMS-HU	0,0239 (0,0002)	0,0241 (0,0003)	0,0243 (0,0005)	0,0240 (0,0002)	0,0241 (0,0003)	0,0241 (0,0009)
UFMT-HU	0,0151 (0,0002)	0,0154 (0,0002)	0,0155 (0,0004)	0,0150 (0,0002)	0,0151 (0,0003)	0,0150 (0,0007)
UFPA-HU-BFS	0,0121 (0,0002)	0,0123 (0,0002)	0,0123 (0,0004)	0,0120 (0,0002)	0,0121 (0,0003)	0,0122 (0,0006)
UFPA-HU-JBB	0,0146 (0,0002)	0,0148 (0,0002)	0,0152 (0,0004)	0,0146 (0,0002)	0,0146 (0,0003)	0,0147 (0,0007)
UFPB-HU	0,0220 (0,0002)	0,0223 (0,0003)	0,0225 (0,0005)	0,0221 (0,0002)	0,0220 (0,0003)	0,0221 (0,0008)
UFPE-HC	0,0259 (0,0002)	0,0261 (0,0003)	0,0260 (0,0005)	0,0261 (0,0002)	0,0260 (0,0003)	0,0255 (0,0009)
UFPEL-HE	0,0171 (0,0002)	0,0173 (0,0003)	0,0176 (0,0004)	0,0170 (0,0002)	0,0171 (0,0003)	0,0173 (0,0007)
UFPR-HC	0,0345 (0,0003)	0,0344 (0,0003)	0,0341 (0,0006)	0,0346 (0,0003)	0,0347 (0,0005)	0,0350 (0,0014)
UFPR-MA	0,0315 (0,0002)	0,0314 (0,0003)	0,0312 (0,0005)	0,0315 (0,0003)	0,0315 (0,0004)	0,0316 (0,0011)
UFRJ-HE	0,0198 (0,0002)	0,0200 (0,0003)	0,0202 (0,0004)	0,0199 (0,0002)	0,0198 (0,0003)	0,0198 (0,0007)

*Continua...*

Continuação...

UFRJ-HU	0,0168 (0,0002)	0,0171 (0,0002)	0,0173 (0,0005)	0,0167 (0,0002)	0,0167 (0,0003)	0,0172 (0,0006)
UFRJ-IDT	0,0121 (0,0002)	0,0123 (0,0002)	0,0127 (0,0004)	0,0120 (0,0002)	0,0120 (0,0002)	0,0120 (0,0006)
UFRJ-IG	0,0106 (0,0002)	0,0107 (0,0002)	0,0108 (0,0004)	0,0105 (0,0001)	0,0106 (0,0003)	0,0105 (0,0006)
UFRJ-IN	0,0098 (0,0001)	0,0099 (0,0002)	0,0101 (0,0004)	0,0096 (0,0002)	0,0097 (0,0003)	0,0099 (0,0005)
UFRJ-IPP	0,0114 (0,0002)	0,0116 (0,0002)	0,0118 (0,0004)	0,0113 (0,0002)	0,0114 (0,0003)	0,0111 (0,0006)
UFRJ-IPSI	0,0096 (0,0001)	0,0097 (0,0002)	0,0098 (0,0004)	0,0095 (0,0001)	0,0096 (0,0002)	0,0096 (0,0006)
UFRJ-MAE	0,0211 (0,0002)	0,0213 (0,0003)	0,0217 (0,0005)	0,0211 (0,0002)	0,0211 (0,0003)	0,0209 (0,0007)
UFRN-HP	0,0098 (0,0001)	0,0099 (0,0002)	0,0100 (0,0004)	0,0097 (0,0001)	0,0097 (0,0002)	0,0097 (0,0005)
UFRN-HU-AB	0,0176 (0,0002)	0,0177 (0,0002)	0,0181 (0,0004)	0,0176 (0,0002)	0,0176 (0,0003)	0,0177 (0,0006)
UFRN-HU-OL	0,0147 (0,0002)	0,0148 (0,0002)	0,0152 (0,0004)	0,0145 (0,0002)	0,0146 (0,0003)	0,0146 (0,0007)
UFRN-MAE	0,0242 (0,0002)	0,0244 (0,0003)	0,0245 (0,0005)	0,0244 (0,0002)	0,0244 (0,0004)	0,0241 (0,0008)
UFSC-HU	0,0292 (0,0002)	0,0292 (0,0003)	0,0294 (0,0005)	0,0293 (0,0002)	0,0293 (0,0004)	0,0294 (0,0010)
UFS-HU	0,0138 (0,0002)	0,0141 (0,0002)	0,0144 (0,0004)	0,0138 (0,0002)	0,0138 (0,0003)	0,0138 (0,0006)
UFMS-HU	0,0338 (0,0003)	0,0338 (0,0003)	0,0334 (0,0006)	0,0340 (0,0003)	0,0338 (0,0004)	0,0337 (0,0011)
UFTM-HE	0,0309 (0,0002)	0,0309 (0,0003)	0,0308 (0,0006)	0,0309 (0,0003)	0,0310 (0,0004)	0,0310 (0,0010)
UFU-HC	0,0346 (0,0003)	0,0343 (0,0003)	0,0342 (0,0006)	0,0346 (0,0003)	0,0345 (0,0005)	0,0345 (0,0013)
UNB-HU	0,0172 (0,0002)	0,0173 (0,0002)	0,0176 (0,0005)	0,0170 (0,0002)	0,0171 (0,0003)	0,0172 (0,0006)
UNIFESP-HU	0,0401 (0,0003)	0,0394 (0,0004)	0,0385 (0,0006)	0,0400 (0,0003)	0,0401 (0,0006)	0,0394 (0,0015)
UNIRIO-HU	0,0124 (0,0002)	0,0126 (0,0002)	0,0128 (0,0004)	0,0124 (0,0002)	0,0125 (0,0003)	0,0126 (0,0006)

Fonte: resultados da pesquisa.

Percebe-se pelos resultados apresentados na Tabela 18, tanto para o Índice de Banzhaf, como para o Índice de Shapley-Shubik estimado para cota de maioria simples, que seu erro foi inferior a  $10^{-3}$ , o que é suficiente para esta aplicação. Com a variação da cota de aprovação, os Índices de Poder não foram significativamente afetados, tomando assim um comportamento mais aleatório para o desempenho.

A Tabela 19 destaca, por sua vez, os resultados da estimação dos Índices de Poder, quando assumidos os votos como o desempenho mensurado por meio do método TOPSIS.

Tabela 19 - Índices de Poder para o desempenho segundo TOPSIS

HUs	Índice Banzhaf			Índice Shapley-Shubik		
	$q = 1/2$	$q = 3/5$	$q = 2/3$	$q = 1/2$	$q = 3/5$	$q = 2/3$
	$Bz_i$ (Erro)	$Bz_i$ (Erro)	$Bz_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)
FURG-HU	0,0224 (0,0002)	0,0225 (0,0003)	0,0227 (0,0006)	0,0223 (0,0002)	0,0222 (0,0003)	0,0224 (0,0007)
HCPA-HC	0,0432 (0,0003)	0,0424 (0,0004)	0,0404 (0,0007)	0,0434 (0,0003)	0,0434 (0,0007)	0,0435 (0,0015)
UFAL-HU	0,0203 (0,0002)	0,0205 (0,0003)	0,0207 (0,0005)	0,0203 (0,0002)	0,0203 (0,0003)	0,0205 (0,0007)
UFAM-HU	0,0135 (0,0002)	0,0137 (0,0002)	0,0139 (0,0005)	0,0134 (0,0002)	0,0135 (0,0003)	0,0133 (0,0006)
UFBA-HU	0,0200 (0,0002)	0,0200 (0,0002)	0,0206 (0,0005)	0,0199 (0,0002)	0,0199 (0,0003)	0,0199 (0,0007)
UFBA-MA	0,0257 (0,0002)	0,0256 (0,0003)	0,0258 (0,0005)	0,0257 (0,0002)	0,0256 (0,0004)	0,0256 (0,0008)
UFCG-HU	0,0209 (0,0002)	0,0209 (0,0003)	0,0214 (0,0005)	0,0208 (0,0002)	0,0209 (0,0003)	0,0208 (0,0007)
UFC-HU	0,0350 (0,0002)	0,0346 (0,0003)	0,0341 (0,0006)	0,0351 (0,0003)	0,0351 (0,0005)	0,0350 (0,0012)
UFC-MA	0,0155 (0,0002)	0,0157 (0,0002)	0,0159 (0,0005)	0,0154 (0,0002)	0,0154 (0,0003)	0,0156 (0,0006)
UFES-HU	0,0204 (0,0002)	0,0205 (0,0002)	0,0210 (0,0005)	0,0203 (0,0002)	0,0202 (0,0003)	0,0201 (0,0007)
UFF-HU	0,0264 (0,0002)	0,0264 (0,0003)	0,0266 (0,0005)	0,0265 (0,0002)	0,0266 (0,0004)	0,0263 (0,0009)
UFGD-HU	0,0222 (0,0002)	0,0222 (0,0002)	0,0226 (0,0005)	0,0221 (0,0002)	0,0222 (0,0003)	0,0218 (0,0007)
UFG-HC	0,0093 (0,0001)	0,0094 (0,0002)	0,0096 (0,0004)	0,0092 (0,0001)	0,0091 (0,0002)	0,0092 (0,0006)
UFJF-HU	0,0123 (0,0002)	0,0124 (0,0002)	0,0127 (0,0005)	0,0122 (0,0002)	0,0122 (0,0003)	0,0124 (0,0006)
UFMA-HU	0,0399 (0,0003)	0,0394 (0,0004)	0,0379 (0,0007)	0,0402 (0,0003)	0,0400 (0,0005)	0,0398 (0,0014)
UFMG-HC	0,0386 (0,0003)	0,0380 (0,0004)	0,0369 (0,0007)	0,0388 (0,0003)	0,0388 (0,0005)	0,0386 (0,0014)
UFMS-HU	0,0203 (0,0002)	0,0206 (0,0003)	0,0209 (0,0005)	0,0204 (0,0002)	0,0204 (0,0003)	0,0202 (0,0007)
UFMT-HU	0,0129 (0,0002)	0,0131 (0,0002)	0,0133 (0,0005)	0,0128 (0,0002)	0,0128 (0,0003)	0,0128 (0,0007)
UFPA-HU-BFS	0,0160 (0,0002)	0,0161 (0,0002)	0,0164 (0,0004)	0,0159 (0,0002)	0,0159 (0,0003)	0,0161 (0,0007)
UFPA-HU-JBB	0,0190 (0,0002)	0,0191 (0,0002)	0,0194 (0,0005)	0,0190 (0,0002)	0,0191 (0,0003)	0,0190 (0,0007)
UFPB-HU	0,0277 (0,0002)	0,0277 (0,0003)	0,0279 (0,0005)	0,0278 (0,0002)	0,0280 (0,0003)	0,0275 (0,0009)
UFPE-HC	0,0231 (0,0002)	0,0232 (0,0003)	0,0235 (0,0005)	0,0232 (0,0002)	0,0232 (0,0003)	0,0231 (0,0008)
UFPEL-HE	0,0171 (0,0002)	0,0172 (0,0002)	0,0177 (0,0005)	0,0170 (0,0002)	0,0171 (0,0002)	0,0170 (0,0007)
UFPR-HC	0,0351 (0,0002)	0,0348 (0,0003)	0,0340 (0,0006)	0,0352 (0,0003)	0,0353 (0,0005)	0,0353 (0,0011)
UFPR-MA	0,0314 (0,0002)	0,0315 (0,0003)	0,0312 (0,0006)	0,0317 (0,0002)	0,0315 (0,0004)	0,0317 (0,0011)
UFRJ-HE	0,0120 (0,0002)	0,0122 (0,0002)	0,0124 (0,0005)	0,0120 (0,0002)	0,0119 (0,0003)	0,0120 (0,0006)
UFRJ-HU	0,0105 (0,0001)	0,0106 (0,0002)	0,0108 (0,0004)	0,0103 (0,0001)	0,0103 (0,0003)	0,0104 (0,0006)
UFRJ-IDT	0,0198 (0,0002)	0,0199 (0,0003)	0,0205 (0,0005)	0,0198 (0,0002)	0,0199 (0,0003)	0,0199 (0,0007)

Continua...

Continuação...

UFRJ-IG	0,0158 (0,0002)	0,0161 (0,0002)	0,0161 (0,0004)	0,0158 (0,0002)	0,0159 (0,0003)	0,0159 (0,0006)
UFRJ-IN	0,0101 (0,0001)	0,0103 (0,0002)	0,0106 (0,0004)	0,0100 (0,0001)	0,0099 (0,0002)	0,0100 (0,0006)
UFRJ-IPP	0,0135 (0,0002)	0,0136 (0,0002)	0,0140 (0,0005)	0,0133 (0,0002)	0,0135 (0,0003)	0,0134 (0,0007)
UFRJ-IPSI	0,0350 (0,0003)	0,0346 (0,0003)	0,0342 (0,0007)	0,0351 (0,0003)	0,0349 (0,0004)	0,0353 (0,0012)
UFRJ-MAE	0,0188 (0,0002)	0,0190 (0,0003)	0,0191 (0,0005)	0,0188 (0,0002)	0,0188 (0,0003)	0,0188 (0,0007)
UFRN-HP	0,0222 (0,0002)	0,0224 (0,0003)	0,0229 (0,0005)	0,0223 (0,0002)	0,0223 (0,0003)	0,0221 (0,0008)
UFRN-HU-AB	0,0093 (0,0002)	0,0095 (0,0002)	0,0094 (0,0004)	0,0092 (0,0001)	0,0092 (0,0003)	0,0093 (0,0006)
UFRN-HU-OL	0,0147 (0,0002)	0,0149 (0,0002)	0,0152 (0,0005)	0,0147 (0,0002)	0,0147 (0,0003)	0,0147 (0,0007)
UFRN-MAE	0,0196 (0,0002)	0,0198 (0,0003)	0,0199 (0,0005)	0,0195 (0,0002)	0,0196 (0,0003)	0,0195 (0,0007)
UFSC-HU	0,0176 (0,0002)	0,0176 (0,0002)	0,0180 (0,0005)	0,0173 (0,0002)	0,0173 (0,0003)	0,0176 (0,0007)
UFS-HU	0,0301 (0,0002)	0,0301 (0,0003)	0,0298 (0,0006)	0,0302 (0,0002)	0,0302 (0,0004)	0,0303 (0,0010)
UFSC-HU	0,0326 (0,0003)	0,0324 (0,0003)	0,0318 (0,0006)	0,0327 (0,0002)	0,0327 (0,0004)	0,0328 (0,0010)
UFTM-HE	0,0282 (0,0002)	0,0283 (0,0003)	0,0284 (0,0005)	0,0283 (0,0002)	0,0285 (0,0004)	0,0282 (0,0009)
UFU-HC	0,0332 (0,0002)	0,0330 (0,0003)	0,0325 (0,0006)	0,0333 (0,0003)	0,0333 (0,0004)	0,0332 (0,0012)
UNB-HU	0,0165 (0,0002)	0,0165 (0,0003)	0,0170 (0,0005)	0,0164 (0,0002)	0,0164 (0,0003)	0,0164 (0,0007)
UNIFESP-HU	0,0406 (0,0003)	0,0398 (0,0004)	0,0384 (0,0008)	0,0409 (0,0003)	0,0408 (0,0005)	0,0411 (0,0015)
UNIRIO-HU	0,0117 (0,0002)	0,0117 (0,0002)	0,0119 (0,0004)	0,0116 (0,0001)	0,0115 (0,0003)	0,0117 (0,0006)

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados para os Índices de Poder mensurados a partir do desempenho auferido pelo método TOPSIS apresentaram similaridade com o que foi descrito pelo método T-ODA. Também destaca-se a similaridade encontrada em ambos os indicadores, Shapley-Shubik e Banzhaf, mesmo tendo construções distintas.

A Tabela 20 detalha os Índices de Poder calculados com o desempenho mensurado pelo método VIKOR.

Tabela 20 - Índices de Poder para o desempenho segundo VIKOR

HUs	Índice Banzhaf			Índice Shapley-Shubik		
	$q = 1/2$	$q = 3/5$	$q = 2/3$	$q = 1/2$	$q = 3/5$	$q = 2/3$
	$Bz_i$ (Erro)	$Bz_i$ (Erro)	$Bz_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)
FURG-HU	0,0433 (0,0003)	0,0433 (0,0004)	0,0435 (0,0005)	0,0436 (0,0004)	0,0433 (0,0008)	0,0436 (0,0023)
HCPA-HC	0,0725 (0,0005)	0,0708 (0,0005)	0,0681 (0,0007)	0,0731 (0,0006)	0,0730 (0,0015)	0,0732 (0,0034)
UFAL-HU	0,0142 (0,0002)	0,0145 (0,0003)	0,0148 (0,0004)	0,0142 (0,0003)	0,0140 (0,0005)	0,0139 (0,0011)
UFAMHU	0,0075 (0,0001)	0,0076 (0,0002)	0,0078 (0,0003)	0,0074 (0,0002)	0,0073 (0,0003)	0,0073 (0,0008)
UFBA-HU	0,0137 (0,0002)	0,0141 (0,0003)	0,0142 (0,0004)	0,0136 (0,0002)	0,0135 (0,0004)	0,0132 (0,0010)
UFBA-MA	0,0346 (0,0003)	0,0348 (0,0004)	0,0351 (0,0005)	0,0346 (0,0003)	0,0346 (0,0008)	0,0349 (0,0020)
UFCEG-HU	0,0076 (0,0002)	0,0077 (0,0002)	0,0079 (0,0003)	0,0075 (0,0002)	0,0075 (0,0004)	0,0072 (0,0008)
UFC-HU	0,0120 (0,0002)	0,0122 (0,0002)	0,0125 (0,0004)	0,0118 (0,0002)	0,0118 (0,0004)	0,0116 (0,0010)
UFC-MA	0,0441 (0,0003)	0,0440 (0,0004)	0,0445 (0,0005)	0,0440 (0,0004)	0,0444 (0,0010)	0,0441 (0,0022)
UFES-HU	0,0137 (0,0002)	0,0139 (0,0002)	0,0143 (0,0004)	0,0135 (0,0002)	0,0133 (0,0005)	0,0133 (0,0011)
UFF-HU	0,0263 (0,0002)	0,0266 (0,0003)	0,0271 (0,0004)	0,0263 (0,0003)	0,0264 (0,0006)	0,0264 (0,0017)
UFGD-HU	0,0020 (0,0001)	0,0020 (0,0001)	0,0020 (0,0002)	0,0019 (0,0001)	0,0020 (0,0002)	0,0020 (0,0005)
UFG-HC	0,0255 (0,0003)	0,0258 (0,0003)	0,0262 (0,0004)	0,0254 (0,0003)	0,0252 (0,0006)	0,0249 (0,0016)
UFJF-HU	0,0062 (0,0001)	0,0063 (0,0002)	0,0064 (0,0003)	0,0060 (0,0002)	0,0060 (0,0004)	0,0060 (0,0008)
UFMA-HU	0,0690 (0,0004)	0,0675 (0,0005)	0,0654 (0,0007)	0,0692 (0,0006)	0,0691 (0,0016)	0,0711 (0,0044)
UFMG-HC	0,0656 (0,0005)	0,0643 (0,0005)	0,0629 (0,0006)	0,0659 (0,0005)	0,0670 (0,0021)	0,0668 (0,0034)
UFMS-HU	0,0147 (0,0002)	0,0150 (0,0002)	0,0154 (0,0004)	0,0146 (0,0002)	0,0144 (0,0005)	0,0140 (0,0011)
UFMT-HU	0,0067 (0,0001)	0,0069 (0,0002)	0,0071 (0,0003)	0,0066 (0,0002)	0,0066 (0,0004)	0,0065 (0,0008)
UFPA-HU-BFS	0,0025 (0,0001)	0,0026 (0,0001)	0,0026 (0,0002)	0,0024 (0,0001)	0,0024 (0,0002)	0,0023 (0,0005)
UFPA-HU-JBB	0,0082 (0,0002)	0,0084 (0,0002)	0,0086 (0,0003)	0,0082 (0,0002)	0,0081 (0,0003)	0,0080 (0,0008)
UFPB-HU	0,0235 (0,0002)	0,0238 (0,0003)	0,0242 (0,0004)	0,0234 (0,0003)	0,0234 (0,0006)	0,0231 (0,0017)
UFPE-HC	0,0170 (0,0002)	0,0173 (0,0003)	0,0175 (0,0004)	0,0168 (0,0003)	0,0166 (0,0005)	0,0169 (0,0012)
UFPEL-HE	0,0101 (0,0002)	0,0103 (0,0002)	0,0104 (0,0003)	0,0100 (0,0002)	0,0099 (0,0004)	0,0098 (0,0009)
UFPR-HC	0,0603 (0,0004)	0,0597 (0,0004)	0,0589 (0,0006)	0,0607 (0,0005)	0,0610 (0,0020)	0,0612 (0,0035)
UFPR-MA	0,0141 (0,0002)	0,0144 (0,0002)	0,0146 (0,0004)	0,0140 (0,0002)	0,0140 (0,0005)	0,0138 (0,0011)
UFRJ-HE	0,0031 (0,0001)	0,0032 (0,0001)	0,0033 (0,0002)	0,0031 (0,0001)	0,0031 (0,0002)	0,0031 (0,0006)
UFRJ-HU	0,0120 (0,0002)	0,0122 (0,0002)	0,0125 (0,0003)	0,0120 (0,0002)	0,0119 (0,0005)	0,0116 (0,0010)
UFRJ-IDT	0,0034 (0,0001)	0,0034 (0,0001)	0,0035 (0,0002)	0,0033 (0,0001)	0,0033 (0,0002)	0,0032 (0,0005)

Continua...

Continuação...

UFRJ-IG	0,0006 (0,0001)	0,0006 (0,0001)	0,0007 (0,0001)	0,0006 (0,0001)	0,0005 (0,0001)	0,0007 (0,0004)
UFRJ-IN	0,0006 (0,0000)	0,0006 (0,0001)	0,0006 (0,0001)	0,0006 (0,0001)	0,0005 (0,0001)	0,0007 (0,0004)
UFRJ-IPP	0,0034 (0,0001)	0,0035 (0,0001)	0,0036 (0,0002)	0,0034 (0,0001)	0,0034 (0,0002)	0,0033 (0,0005)
UFRJ-IPSI	0,0043 (0,0001)	0,0044 (0,0002)	0,0044 (0,0002)	0,0042 (0,0002)	0,0042 (0,0003)	0,0041 (0,0006)
UFRJ-MAE	0,0329 (0,0002)	0,0332 (0,0003)	0,0337 (0,0005)	0,0327 (0,0003)	0,0328 (0,0007)	0,0329 (0,0019)
UFRN-HP	0,0015 (0,0001)	0,0015 (0,0001)	0,0015 (0,0001)	0,0014 (0,0001)	0,0014 (0,0002)	0,0014 (0,0004)
UFRN-HU-AB	0,0082 (0,0002)	0,0084 (0,0002)	0,0086 (0,0003)	0,0081 (0,0002)	0,0081 (0,0004)	0,0080 (0,0008)
UFRN-HU-OL	0,0082 (0,0002)	0,0084 (0,0002)	0,0084 (0,0003)	0,0081 (0,0002)	0,0080 (0,0004)	0,0078 (0,0007)
UFRN-MAE	0,0336 (0,0003)	0,0339 (0,0003)	0,0344 (0,0005)	0,0338 (0,0004)	0,0336 (0,0008)	0,0335 (0,0021)
UFSC-HU	0,0467 (0,0003)	0,0467 (0,0004)	0,0468 (0,0006)	0,0469 (0,0004)	0,0470 (0,0010)	0,0471 (0,0027)
UFS-HU	0,0074 (0,0002)	0,0075 (0,0002)	0,0077 (0,0003)	0,0073 (0,0002)	0,0073 (0,0004)	0,0069 (0,0008)
UFSC-HU	0,0630 (0,0004)	0,0622 (0,0004)	0,0610 (0,0006)	0,0632 (0,0005)	0,0638 (0,0015)	0,0639 (0,0038)
UFTM-HE	0,0432 (0,0003)	0,0431 (0,0004)	0,0435 (0,0005)	0,0434 (0,0004)	0,0431 (0,0009)	0,0431 (0,0025)
UFU-HC	0,0524 (0,0004)	0,0520 (0,0004)	0,0519 (0,0006)	0,0527 (0,0004)	0,0527 (0,0011)	0,0531 (0,0026)
UNB-HU	0,0113 (0,0002)	0,0116 (0,0002)	0,0117 (0,0003)	0,0112 (0,0002)	0,0112 (0,0004)	0,0111 (0,0010)
UNIFESP-HU	0,0420 (0,0003)	0,0422 (0,0004)	0,0427 (0,0005)	0,0421 (0,0004)	0,0419 (0,0009)	0,0424 (0,0024)
UNIRIO-HU	0,0072 (0,0002)	0,0073 (0,0002)	0,0076 (0,0003)	0,0072 (0,0002)	0,0071 (0,0004)	0,0071 (0,0008)

Fonte: resultados da pesquisa.

A conciliação dos Índices de Poder com o MCDM VIKOR, proporcionaram os índices com a maior discrepância entre os HUs melhor avaliados e os HUs com pior avaliação. Também foi o modelo trabalhado com o método VIKOR que apresentou as maiores variações entre as diferentes cotas de aprovação. Destaca-se que para a aplicação dos Índices de Poder com o desempenho mensurado pelo método VIKOR, foi necessário assumir como indicador de desempenho  $Q_j = \max \left\{ Q_j, \min_{i \neq j} Q_i \right\}$ . Esta transformação garantiu que todos os HUs fossem contemplados com recursos e não ocorressem grandes discrepâncias, caso fosse aplicada uma translação da escala.

A Tabela 21, dada a seguir define os Índices de Poder obtidos para o vetor de votos assumido como o vetor de *scores* de desempenho mensurado pelo método PROMETHEE II.



Tabela 21 - Índices de Poder para o desempenho segundo PROMETHEE II

HUs	Índice Banzhaf			Índice Shapley-Shubik		
	$q = 1/2$	$q = 3/5$	$q = 2/3$	$q = 1/2$	$q = 3/5$	$q = 2/3$
	$Bz_i$ (Erro)	$Bz_i$ (Erro)	$Bz_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)	$SS_i$ (Erro)
FURG-HU	0,0300 (0,0002)	0,0300 (0,0003)	0,0299 (0,0006)	0,0301 (0,0002)	0,0303 (0,0004)	0,0302 (0,0009)
HCPA-HC	0,0387 (0,0003)	0,0381 (0,0004)	0,0373 (0,0006)	0,0388 (0,0003)	0,0390 (0,0005)	0,0388 (0,0011)
UFAL-HU	0,0283 (0,0002)	0,0283 (0,0003)	0,0283 (0,0005)	0,0284 (0,0002)	0,0283 (0,0004)	0,0277 (0,0009)
UFAMHU	0,0126 (0,0002)	0,0128 (0,0002)	0,0130 (0,0004)	0,0126 (0,0002)	0,0126 (0,0003)	0,0128 (0,0007)
UFBA-HU	0,0217 (0,0002)	0,0220 (0,0003)	0,0219 (0,0005)	0,0217 (0,0002)	0,0216 (0,0003)	0,0216 (0,0007)
UFBA-MA	0,0247 (0,0002)	0,0248 (0,0003)	0,0250 (0,0005)	0,0248 (0,0002)	0,0247 (0,0003)	0,0245 (0,0008)
UFCG-HU	0,0212 (0,0002)	0,0215 (0,0003)	0,0217 (0,0005)	0,0212 (0,0002)	0,0212 (0,0003)	0,0210 (0,0008)
UFC-HU	0,0210 (0,0002)	0,0212 (0,0003)	0,0213 (0,0005)	0,0210 (0,0002)	0,0209 (0,0003)	0,0210 (0,0008)
UFC-MA	0,0327 (0,0002)	0,0326 (0,0003)	0,0323 (0,0006)	0,0328 (0,0002)	0,0329 (0,0004)	0,0333 (0,0011)
UFES-HU	0,0216 (0,0002)	0,0216 (0,0003)	0,0223 (0,0005)	0,0215 (0,0002)	0,0217 (0,0003)	0,0215 (0,0007)
UFF-HU	0,0291 (0,0002)	0,0290 (0,0003)	0,0291 (0,0005)	0,0290 (0,0002)	0,0290 (0,0004)	0,0288 (0,0009)
UFGD-HU	0,0057 (0,0001)	0,0058 (0,0002)	0,0059 (0,0004)	0,0057 (0,0001)	0,0056 (0,0002)	0,0057 (0,0005)
UFG-HC	0,0289 (0,0002)	0,0289 (0,0003)	0,0288 (0,0005)	0,0289 (0,0002)	0,0289 (0,0003)	0,0289 (0,0009)
UFJF-HU	0,0145 (0,0002)	0,0146 (0,0002)	0,0152 (0,0005)	0,0145 (0,0002)	0,0144 (0,0003)	0,0147 (0,0006)
UFMA-HU	0,0396 (0,0003)	0,0388 (0,0003)	0,0379 (0,0007)	0,0397 (0,0003)	0,0397 (0,0005)	0,0399 (0,0013)
UFMG-HC	0,0365 (0,0003)	0,0362 (0,0003)	0,0354 (0,0006)	0,0366 (0,0003)	0,0367 (0,0005)	0,0371 (0,0013)
UFMS-HU	0,0274 (0,0002)	0,0275 (0,0003)	0,0273 (0,0005)	0,0275 (0,0002)	0,0274 (0,0003)	0,0274 (0,0009)
UFMT-HU	0,0160 (0,0002)	0,0160 (0,0002)	0,0164 (0,0004)	0,0158 (0,0002)	0,0157 (0,0003)	0,0161 (0,0006)
UFPA-HU-BFS	0,0094 (0,0001)	0,0094 (0,0002)	0,0095 (0,0004)	0,0092 (0,0001)	0,0092 (0,0002)	0,0094 (0,0006)
UFPA-HU-JBB	0,0187 (0,0002)	0,0188 (0,0002)	0,0191 (0,0005)	0,0186 (0,0002)	0,0186 (0,0003)	0,0187 (0,0007)
UFPB-HU	0,0282 (0,0002)	0,0282 (0,0003)	0,0280 (0,0005)	0,0282 (0,0002)	0,0282 (0,0004)	0,0281 (0,0009)
UFPE-HC	0,0269 (0,0002)	0,0270 (0,0003)	0,0269 (0,0005)	0,0270 (0,0002)	0,0271 (0,0003)	0,0266 (0,0009)
UFPEL-HE	0,0229 (0,0002)	0,0232 (0,0003)	0,0233 (0,0005)	0,0230 (0,0002)	0,0230 (0,0003)	0,0226 (0,0007)
UFPR-HC	0,0361 (0,0003)	0,0357 (0,0003)	0,0348 (0,0006)	0,0362 (0,0003)	0,0363 (0,0004)	0,0360 (0,0012)
UFPR-MA	0,0173 (0,0002)	0,0176 (0,0002)	0,0180 (0,0005)	0,0173 (0,0002)	0,0173 (0,0003)	0,0172 (0,0007)
UFRJ-HE	0,0063 (0,0001)	0,0064 (0,0002)	0,0065 (0,0004)	0,0062 (0,0001)	0,0060 (0,0002)	0,0064 (0,0006)
UFRJ-HU	0,0221 (0,0002)	0,0223 (0,0003)	0,0226 (0,0005)	0,0221 (0,0002)	0,0221 (0,0003)	0,0219 (0,0007)
UFRJ-IDT	0,0129 (0,0002)	0,0130 (0,0002)	0,0132 (0,0005)	0,0128 (0,0002)	0,0128 (0,0003)	0,0132 (0,0006)
UFRJ-IG	0,0069 (0,0001)	0,0069 (0,0002)	0,0071 (0,0004)	0,0068 (0,0001)	0,0067 (0,0002)	0,0068 (0,0005)

Continua...

Continuação...

UFRJ-IN	0,0069 (0,0001)	0,0069 (0,0002)	0,0071 (0,0004)	0,0068 (0,0001)	0,0068 (0,0002)	0,0069 (0,0005)
UFRJ-IPP	0,0085 (0,0001)	0,0086 (0,0002)	0,0088 (0,0004)	0,0084 (0,0001)	0,0083 (0,0002)	0,0087 (0,0006)
UFRJ-IPSI	0,0075 (0,0001)	0,0076 (0,0002)	0,0078 (0,0004)	0,0075 (0,0001)	0,0073 (0,0002)	0,0075 (0,0006)
UFRJ-MAE	0,0232 (0,0002)	0,0234 (0,0003)	0,0237 (0,0006)	0,0234 (0,0002)	0,0233 (0,0003)	0,0233 (0,0007)
UFRN-HP	0,0094 (0,0001)	0,0094 (0,0002)	0,0096 (0,0004)	0,0093 (0,0001)	0,0093 (0,0002)	0,0095 (0,0006)
UFRN-HU-AB	0,0174 (0,0002)	0,0175 (0,0002)	0,0179 (0,0005)	0,0174 (0,0002)	0,0173 (0,0003)	0,0174 (0,0007)
UFRN-HU-OL	0,0180 (0,0002)	0,0181 (0,0003)	0,0184 (0,0005)	0,0179 (0,0002)	0,0178 (0,0003)	0,0182 (0,0007)
UFRN-MAE	0,0256 (0,0002)	0,0258 (0,0003)	0,0258 (0,0005)	0,0257 (0,0002)	0,0258 (0,0003)	0,0257 (0,0008)
UFSC-HU	0,0345 (0,0002)	0,0342 (0,0004)	0,0341 (0,0006)	0,0348 (0,0003)	0,0348 (0,0005)	0,0346 (0,0012)
UFS-HU	0,0164 (0,0002)	0,0165 (0,0003)	0,0170 (0,0005)	0,0163 (0,0002)	0,0163 (0,0003)	0,0167 (0,0007)
UFSCM-HU	0,0363 (0,0002)	0,0361 (0,0003)	0,0352 (0,0006)	0,0364 (0,0003)	0,0365 (0,0005)	0,0361 (0,0012)
UFTM-HE	0,0356 (0,0002)	0,0351 (0,0003)	0,0347 (0,0005)	0,0356 (0,0003)	0,0356 (0,0004)	0,0352 (0,0012)
UFU-HC	0,0374 (0,0003)	0,0370 (0,0004)	0,0361 (0,0006)	0,0374 (0,0003)	0,0377 (0,0005)	0,0373 (0,0013)
UNB-HU	0,0190 (0,0002)	0,0192 (0,0003)	0,0197 (0,0004)	0,0189 (0,0002)	0,0190 (0,0003)	0,0189 (0,0007)
UNIFESP-HU	0,0348 (0,0002)	0,0345 (0,0003)	0,0342 (0,0006)	0,0347 (0,0003)	0,0347 (0,0004)	0,0347 (0,0011)
UNIRIO-HU	0,0116 (0,0002)	0,0118 (0,0002)	0,0121 (0,0005)	0,0116 (0,0002)	0,0115 (0,0002)	0,0116 (0,0006)

Fonte: resultados da pesquisa.

Os Índices de Poder, obtidos por meio do desempenho PROMETHEE II, foram os mais igualitários dentre todos. Ou seja, neste conjunto de Índices de Poder, tanto no Índice de Poder de Shapley-Shubik como o Índice de Banzhaf, a amplitude existente entre o índice máximo e o mínimo foi a menor dentre os quatro modelos. De modo similar ao que foi apresentado pelos demais, a variação das cotas de aprovação, pouco afetaram o índice, propriamente dito. Esta similaridade quanto a cota de aprovação, pode estar associada diretamente ao grande número de jogadores/hospitais. Comparando estes resultados com os de Jelnov e Tauman (2014), é possível confirmar que os índices tendem a proporcionalidade quanto ao número de votos, considerando que o tamanho do comitê é grande.

Para sequência do estudo, serão considerado apenas os índices apurados para a cota de aprovação  $\frac{1}{2}$  do total de votos. Isto se justifica pela não ocorrência de discrepâncias significativas entre os índices e por ser esta a modalidade de maioria mais empregada entre as comissões de votação.

A seguir aplicou-se os Índices de Poder, obtidos acima, na distribuição de recursos. Fez-se a suposição da distribuição de um montante de R\$ 200.000.000,00. Este montante tem o

intuito de posteriormente comparar o sistema de distribuição proposto com os resultados obtidos por meio da matriz de distribuição do MEC. Os resultados são apresentados na Tabela 22.

**Tabela 22 - Matriz de distribuição de recursos por Índices de Poder**

Sigla	T-ODA		TOPSIS		VIKOR		PROMETHEE II	
	$D_{Bz}(i)$	$D_{SS}(i)$	$D_{Bz}(i)$	$D_{SS}(i)$	$D_{Bz}(i)$	$D_{SS}(i)$	$D_{Bz}(i)$	$D_{SS}(i)$
FURG-HU	5.059.397	5.083.797	4.473.678	4.461.619	8.665.929	8.724.877	6.005.338	6.010.132
HCPA-HC	10.341.711	10.358.711	8.640.114	8.670.497	14.504.111	14.626.022	7.739.845	7.767.850
UFAL-HU	4.910.925	4.911.063	4.067.428	4.058.063	2.845.701	2.838.921	5.661.224	5.671.585
UFAMHU	3.053.067	3.065.337	2.702.547	2.683.168	1.497.631	1.484.341	2.528.049	2.517.173
UFBA-HU	3.655.246	3.654.012	3.994.831	3.972.931	2.746.573	2.712.444	4.330.461	4.342.940
UFBA-MA	5.580.238	5.594.161	5.133.091	5.135.444	6.917.154	6.911.977	4.934.698	4.950.496
UFCG-HU	3.383.572	3.387.809	4.178.997	4.158.285	1.520.738	1.502.467	4.249.792	4.240.664
UFC-HU	3.442.619	3.444.944	6.990.172	7.024.532	2.393.772	2.350.389	4.203.098	4.191.967
UFC-MA	7.888.013	7.905.340	3.092.870	3.073.164	8.816.232	8.793.674	6.539.122	6.562.694
UFES-HU	4.265.663	4.272.554	4.071.404	4.059.623	2.730.107	2.694.910	4.320.505	4.300.255
UFF-HU	4.308.411	4.299.998	5.282.132	5.305.269	5.257.697	5.251.276	5.818.004	5.805.729
UFGD-HU	1.882.048	1.863.959	4.431.026	4.417.715	394.536	387.817	1.143.690	1.135.242
UFG-HC	4.535.956	4.539.919	1.855.518	1.832.369	5.103.662	5.074.969	5.782.569	5.784.748
UFJF-HU	2.543.444	2.527.460	2.461.138	2.433.811	1.238.574	1.204.956	2.891.931	2.892.745
UFMA-HU	9.540.399	9.496.514	7.979.652	8.037.604	13.798.020	13.846.738	7.918.827	7.939.329
UFMG-HC	8.374.568	8.414.826	7.718.943	7.762.029	13.124.877	13.174.655	7.309.511	7.317.821
UFMS-HU	4.781.232	4.794.312	4.067.149	4.077.163	2.945.358	2.925.642	5.483.136	5.500.236
UFMT-HU	3.027.317	3.003.194	2.583.974	2.556.676	1.344.727	1.329.734	3.190.572	3.161.992
UFPA-HU-BFS	2.419.495	2.403.044	3.192.447	3.178.125	495.688	484.990	1.885.187	1.843.795
UFPA-HU-JBB	2.926.975	2.912.726	3.794.986	3.798.176	1.639.002	1.637.682	3.738.794	3.710.781
UFPB-HU	4.401.038	4.417.751	5.539.737	5.564.273	4.701.605	4.675.671	5.637.853	5.638.448
UFPE-HC	5.170.580	5.219.340	4.615.512	4.647.637	3.394.435	3.353.926	5.386.538	5.397.759
UFPEL-HE	3.411.955	3.400.017	3.415.638	3.401.666	2.013.616	1.992.655	4.587.448	4.605.318
UFPR-HC	6.907.040	6.929.809	7.021.853	7.033.371	12.062.392	12.138.297	7.211.653	7.239.320
UFPR-MA	6.293.624	6.294.248	6.287.653	6.341.356	2.823.997	2.802.403	3.462.173	3.460.732
UFRJ-HE	3.968.014	3.975.635	2.408.590	2.390.421	628.935	619.288	1.251.936	1.241.765
UFRJ-HU	3.367.747	3.342.385	2.106.958	2.064.122	2.407.885	2.392.396	4.421.441	4.423.339
UFRJ-IDT	2.420.395	2.407.918	3.961.564	3.954.864	680.463	666.460	2.571.226	2.552.031
UFRJ-IG	2.115.372	2.109.112	3.168.282	3.160.333	124.970	121.649	1.377.268	1.367.588
UFRJ-IN	1.950.071	1.929.702	2.027.870	2.007.519	121.503	119.987	1.384.894	1.356.754
UFRJ-IPP	2.281.880	2.268.325	2.705.877	2.669.515	688.776	681.154	1.695.096	1.682.392
UFRJ-IPSI	1.911.032	1.894.288	6.992.066	7.029.251	853.241	833.036	1.506.145	1.490.689
UFRJ-MAE	4.225.778	4.213.832	3.765.824	3.765.938	6.571.595	6.542.609	4.647.755	4.682.904
UFRN-HP	1.951.791	1.940.807	4.446.960	4.461.266	292.512	285.969	1.879.723	1.858.559
UFRN-HU-AB	3.510.065	3.513.429	1.864.935	1.834.078	1.648.436	1.624.149	3.485.486	3.475.231
UFRN-HU-OL	2.930.541	2.898.727	2.940.832	2.933.482	1.635.108	1.610.905	3.596.029	3.577.192
UFRN-MAE	4.844.627	4.889.620	3.923.508	3.899.759	6.722.494	6.761.187	5.120.905	5.147.295
UFSC-HU	5.840.134	5.859.465	3.516.780	3.467.760	9.337.570	9.371.747	6.900.584	6.959.003
UFS-HU	2.769.196	2.756.871	6.025.983	6.043.258	1.482.363	1.459.020	3.271.197	3.256.777
UFSM-HU	6.767.171	6.801.899	6.517.972	6.533.012	12.599.985	12.647.526	7.258.041	7.280.302
UFTM-HE	6.183.798	6.180.993	5.643.960	5.659.312	8.635.695	8.678.133	7.110.412	7.129.580
UFU-HC	6.926.786	6.915.660	6.632.750	6.666.282	10.477.894	10.544.499	7.479.496	7.485.581
UNB-HU	3.430.966	3.409.873	3.297.922	3.282.497	2.258.364	2.247.940	3.806.980	3.784.393
UNIFESP-HU	8.020.222	8.009.346	8.124.999	8.172.461	8.407.288	8.427.163	6.950.505	6.941.925
UNIRIO-HU	2.479.879	2.487.266	2.333.880	2.320.304	1.448.789	1.443.749	2.324.861	2.316.947

Fonte: elaborado pelo autor.

Como a distribuição dos recursos se dá por meio da proporcionalidade ao Índice de Poder, é notório que o sistema de distribuição de recursos obtenha resultados similares aos auferidos no índice de poder mensurado. Os métodos apresentaram pouca similaridade quando

comparados os valores distribuídos. As maiores distorções ocorreram com o método VIKOR e o PROMETHEE, sendo que o primeiro estabelece uma distribuição que favorece mais os hospitais com maior desempenho em detrimento aos HUs com menor desempenho. Fato oposto ocorre com o método PROMETHEE.

Para verificar as virtudes e limitações de cada um dos modelos, a seguir se estabeleceu um comparativo entre os resultados obtidos por meio dos três modelos de distribuição de recursos e o modelo proposto pelo MEC.

#### 4.5 COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO

Esta seção tem como objetivo apresentar resultados que ajudem a responder ao objetivo específico e. Este objetivo coloca a comparação e a validação dos modelos comparados com o estabelecido na portaria nº538 de 14 de janeiro de 2013.

Inicialmente estimou-se o montante distribuído para os HUs, por meio do método elaborado e descrito pela referida portaria. Novamente assumiu-se, para fins de comparação a distribuição do montante de 200 milhões de reais. Os dados utilizados são oriundos do ano de 2010, quando a portaria ainda não estava em vigência, assim foi necessária a elaboração deste plano de distribuição baseada no desempenho. Estes resultados estão descritos na Tabela 23, e foram obtidos de acordo com o processo de cálculo já discutido de forma teórica na seção 2.3.

**Tabela 23 - Distribuição dos recursos por meio da matriz estabelecida pelo MEC**

Sigla	Montante(X)	Montante(Y)	Montante(Z)	Montante(W)	Montante(Total)
HCPA	5.957.208	1.415.537	921.428	1.179.614	9.473.788
UFMA-HU	5.722.762	932.044	1.132.430	1.179.614	8.966.850
UNIFESP-HSP	5.376.380	1.261.637	707.849	1.415.537	8.761.403
UFPR-HC	5.171.798	1.325.347	911.935	1.179.614	8.588.694
UFU-HC	4.951.947	1.224.095	709.324	1.403.439	8.288.804
UFMG-HC	5.069.621	788.079	577.137	1.179.614	7.614.451
UFSM-HU	3.631.786	1.415.537	1.070.177	1.367.143	7.484.643
UFTM-HE	3.971.505	943.692	821.056	1.179.614	6.915.867
UFG-HC	3.609.012	1.133.571	871.442	1.161.467	6.775.492
UFSC-HU	3.348.696	1.328.868	566.215	1.415.537	6.659.316
UFPE-HC	3.895.266	1.342.445	385.934	943.692	6.567.337
UFMS-HU	2.773.107	1.415.537	974.558	883.198	6.046.400
UFES-HU	3.333.682	1.138.517	666.457	907.396	6.046.052
UFAL-HU	2.912.139	1.415.537	752.290	895.297	5.975.263
FURG-HU	2.738.511	1.294.163	472.319	1.107.023	5.612.015
UFF-HU	2.939.839	471.846	478.752	1.409.488	5.299.925
UNB-HU	2.918.872	494.177	653.911	931.593	4.998.553

*Continua...*

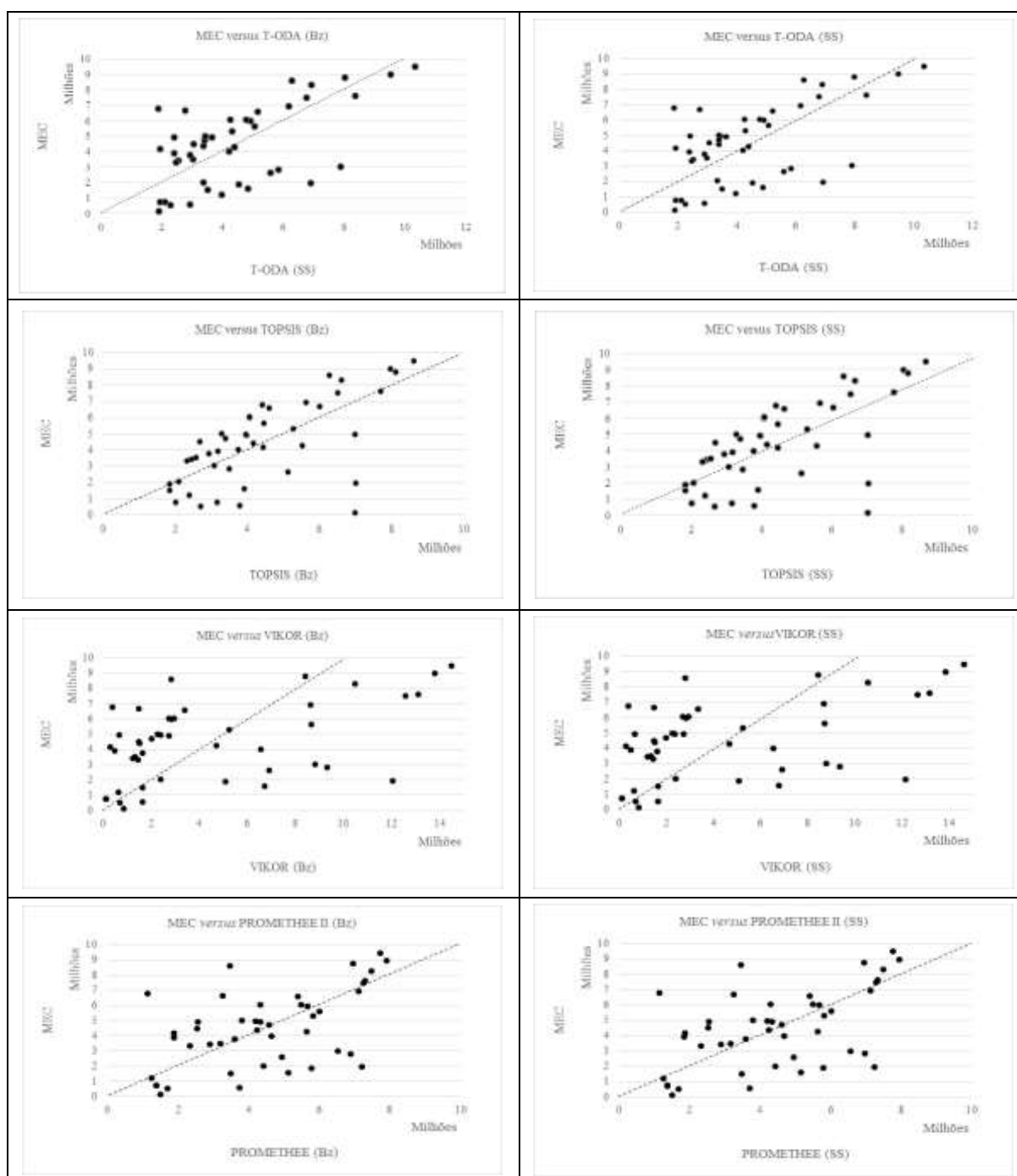
Continuação...

UFC-ME	2.234.884	822.403	1.123.814	766.749	4.947.850
UFRJ-HU	3.042.280	471.846	460.201	943.692	4.918.018
UFBA-HU	2.557.743	471.846	700.206	1.179.614	4.909.409
UFPEL-HE	1.780.132	943.692	1.102.093	877.149	4.703.066
UFAM-HU	2.189.784	1.088.473	324.716	889.248	4.492.221
UFC-HU	2.401.150	451.851	578.294	943.692	4.374.986
UFPB-HU	1.813.541	943.692	648.563	865.051	4.270.847
UFRN-ME	767.771	1.410.655	1.243.443	731.361	4.153.230
UFRJ-ME	1.293.643	1.232.977	704.762	754.953	3.986.336
UFPA-HU	1.266.718	943.692	1.030.673	656.652	3.897.735
UFRN-HUOL	1.785.710	660.040	628.179	703.837	3.777.765
UFMT-HU	988.018	1.415.537	399.903	692.040	3.495.499
UFJF-HU	1.109.829	1.100.168	552.778	664.516	3.427.291
UNIRIO-HU	1.478.153	943.692	199.692	692.040	3.313.577
UFCEG-HU	1.279.800	616.024	457.523	648.788	3.002.135
UFS-HU	844.448	878.194	438.536	652.720	2.813.897
UFBA-Mat	837.174	16.597	1.021.920	731.361	2.607.052
UFRJ-IPPMG	430.269	495.031	473.194	613.400	2.011.893
UFPR-MVFA	316.851	819.087	566.215	243.787	1.945.940
UFGD-HU	521.506	960.502	242.041	157.282	1.881.331
UFRN-HUAB	175.726	170.463	566.036	668.448	1.580.674
UFRN-PHB	61.071	791.031	660.053	0	1.512.155
UFRJ-IP	116.553	163.627	364.955	566.215	1.211.349
UFRJ-INDC	103.209	490.136	152.237	0	745.583
UFRJ-IDT	80.506	380.526	149.084	125.826	735.942
UFPA-BF	75.396	0	406.912	78.641	560.949
UFRJ-IG	8.377	0	434.881	78.641	521.900
UFRJ-HESFA	16.420	0	0	110.097	126.517
				Soma	200.000.000

Fonte: elaborado pelo autor.

Com base na distribuição estabelecida de acordo com os critérios do MEC, seguiu-se com o objetivo de comparar a distribuição dos recursos realizada pelo modelo oficial com os modelos propostos. Foram construídos um total de oito modelos, sendo eles a composição de quatro métodos de mensuração de desempenho e dois modelos de Índices de Poder. A Figura 9 descreve uma comparação gráfica de todos os oito modelos com a distribuição oficial.

**Figura 9 - Comparação entre a distribuição MEC e os Modelos Propostos**



Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto aos resultados auferidos pelos modelos de distribuição com foco na avaliação do desempenho, verificou-se, além da forte similaridade entre a distribuição por Banzhaf e a distribuição por Shapley-Shubik, uma significativa variabilidade dos recursos distribuídos. A tendência verificada pelo método T-ODA pode ser vista como um razoável aumento no montante destinado aos hospitais de menor desempenho e a forte redução de alguns hospitais que receberam altos montantes.

Para a distribuição de recursos baseados no método TOPSIS, verificou-se menor discrepância com o montante destinado a alguns HUs do que foi auferido pelo método T-ODA, principalmente os hospitais com desempenho intermediário. Verifica-se que hospitais com maior desempenho, avaliado pelo método TOPSIS, tiveram seu montante ligeiramente reduzido. Em comparação com o método T-ODA, o TOPSIS seguiu uma tendência de maior proporcionalidade na distribuição dos recursos, conforme apresentado nos gráficos.

No que tange os resultados auferidos pelo método VIKOR, este foi o que apresentou maior dispersão na distribuição de recursos. Entende-se por dispersão as distorções existentes na comparação com a reta identidade. Este método privilegia mais os HUs com maior desempenho e reduziu significativamente o montante distribuído para os HUs com desempenho inferior. Os resultados auferidos pelo Método VIKOR na distribuição de recursos, servem para modelos de investimento que buscam o fortalecimento de grandes instituições.

O método PROMETHEE II, conciliado assim como os índices de poder, possui uma similaridade considerável com os resultados da distribuição oficial. É possível perceber em ambos os gráficos a similaridade principalmente nos extremos do gráfico, com poucos casos de fortes distorções. É possível ainda considerar a partir da comparação gráfica da distribuição PROMETHEE Índices de Poder, que neste método não houve um conjunto de dispersão específico, como o ocorrido com os modelos T-ODA e VIKOR.

A Tabela 24 destaca os resultados auferidos pela Correlação de Pearson quando comparado o montante destinado a cada HU com o seu referido desempenho. Se for considerado o que preconiza a portaria que estabelece as regras de destinação de recursos, de que os recursos devem ser destinados com base principal no desempenho, o que se busca é uma forte correlação entre os montantes distribuídos e os desempenhos.

**Tabela 24 - Comparação das distribuições com o desempenho**

	T-ODA		TOPSIS		VIKOR		PROMETHEE	
	<i>r</i>	<i>p-value</i>	<i>r</i>	<i>p-value</i>	<i>r</i>	<i>p-value</i>	<i>r</i>	<i>p-value</i>
MEC	0,595	0,000	0,652	0,000	0,486	0,000	0,533	0,000
T-ODA (Bz)	1,000	0,000	0,656	0,000	0,918	0,000	0,873	0,000
T-ODA (SS)	1,000	0,000	0,655	0,000	0,919	0,000	0,873	0,000
TOPSIS (Bz)	0,567	0,000	1,000	0,000	0,649	0,000	0,561	0,000
TOPSIS (SS)	0,566	0,000	1,000	0,000	0,647	0,000	0,560	0,000
VIKOR (Bz)	0,919	0,000	0,648	0,000	1,000	0,000	0,893	0,000
VIKOR (SS)	0,918	0,000	0,648	0,000	1,000	0,000	0,892	0,000
PROMETHEE (Bz)	0,878	0,000	0,563	0,000	0,899	0,000	1,000	0,000
PROMETHEE (SS)	0,878	0,000	0,562	0,000	0,900	0,000	1,000	0,000

Fonte: elaborado pelo autor.

Como os índices de poder possuem forte similaridade entre si, as correlações são semelhantes quando considerado seu indicador de desempenho diretamente associado. Dentre os métodos de distribuição dos recursos, verificou-se a existência de dois grupos de resultados, sendo o primeiro formado pelos modelos que utilizam os métodos T-ODA, VIKOR e PROMETHEE, o segundo grupo considera os resultados auferidos com o modelo TOPSIS. De forma direta, é possível perceber que o modelo de distribuição do MEC possui relação moderada com os modelos de desempenho, porém com tendência de melhor associação com o desempenho avaliado pelo método TOPSIS. Considerando esta perspectiva, o desempenho mensurado pelo método VIKOR é o menos correlacionado com a distribuição de recursos do MEC. O método de distribuição que utiliza os pesos baseados no desempenho mensurado pelo TOPSIS foi o mais estranho, quando comparado ao grupo. É notória as particularidades de cada um dos modelos e suas nuances junto ao sistema como um todo.

Antes de concluir o trabalho, foi realizada ainda uma última estimação. Desta vez, tomou-se como *score* de desempenho a avaliação realizada de acordo com a portaria do MEC e estimou-se os Índices de Poder tomando a cota de aprovação como  $q = 1/2$ . A Tabela 25 descreve estes resultados, bem como a distribuição considerando os índices de poder e as diferenças existentes entre os modelos.

**Tabela 25 – Índices de Poder aplicados na Matriz de Desempenho REHUF**

HUs	REHUF		Distribuição			Diferenças	
	Bz(i)	SS(i)	REHUF(Bz)	REHUF(SS)	REHUF	Bz	SS
HCPA-HC	0,0480	0,0483	9.597.457	9.662.033	9.473.788	-123.669	-188.245
UFMA-HU	0,0455	0,0455	9.091.695	9.103.536	8.966.850	-124.844	-136.685
UNIFESP-HU	0,0443	0,0444	8.865.098	8.884.275	8.761.403	-103.695	-122.872
UFPR-MA	0,0434	0,0436	8.675.412	8.728.878	8.588.694	-86.718	-140.184
UFU-HC	0,0418	0,0419	8.352.039	8.379.144	8.288.804	-63.234	-90.340
UFMG-HC	0,0382	0,0384	7.642.715	7.685.282	7.614.451	-28.263	-70.831
UFSM-HU	0,0376	0,0377	7.512.823	7.534.066	7.484.643	-28.180	-49.423
UFTM-HE	0,0346	0,0348	6.923.503	6.957.741	6.915.867	-7.636	-41.874
UFGD-HU	0,0340	0,0340	6.790.476	6.803.150	6.775.492	-14.984	-27.658
UFS-HU	0,0333	0,0334	6.652.952	6.681.140	6.659.316	6.364	-21.824
UFPE-HC	0,0329	0,0329	6.587.785	6.578.991	6.567.337	-20.448	-11.655
UFMS-HU	0,0302	0,0303	6.035.025	6.057.846	6.046.400	11.376	-11.446
UFES-HU	0,0302	0,0303	6.033.354	6.051.171	6.046.052	12.698	-5.119
UFAL-HU	0,0299	0,0299	5.977.366	5.976.533	5.975.263	-2.102	-1.270
FURG-HU	0,0280	0,0280	5.602.624	5.609.059	5.612.015	9.391	2.956
UFF-HU	0,0264	0,0264	5.284.179	5.280.173	5.299.925	15.746	19.752
UNB-HU	0,0249	0,0249	4.970.309	4.986.843	4.998.553	28.244	11.710
UFC-HU	0,0247	0,0246	4.948.063	4.925.092	4.947.850	-213	22.758
UFRJ-IDT	0,0245	0,0245	4.897.220	4.909.244	4.918.018	20.798	8.774
UFBA-HU	0,0245	0,0245	4.898.313	4.894.470	4.909.409	11.096	14.938
UFPEL-HE	0,0234	0,0233	4.670.983	4.656.087	4.703.066	32.083	46.979
UFAMHU	0,0223	0,0223	4.465.943	4.452.488	4.492.221	26.279	39.734

*Continua...*



*Continuação*

UFCG-HU	0,0218	0,0218	4.362.337	4.353.496	4.374.986	12.649	21.490
UFPB-HU	0,0213	0,0212	4.254.715	4.244.036	4.270.847	16.132	26.811
UFRN-HP	0,0206	0,0205	4.123.750	4.107.512	4.153.230	29.479	45.718
UFRJ-MAE	0,0198	0,0197	3.967.061	3.946.922	3.986.336	19.275	39.414
UFPA-HU-BFS	0,0193	0,0193	3.867.120	3.852.820	3.897.735	30.615	44.915
UFRN-HU-OL	0,0188	0,0187	3.750.992	3.736.364	3.777.765	26.774	41.401
UFMT-HU	0,0173	0,0174	3.466.370	3.475.329	3.495.499	29.129	20.169
UFJF-HU	0,0170	0,0169	3.408.669	3.380.894	3.427.291	18.622	46.397
UNIRIO-HU	0,0165	0,0164	3.292.823	3.276.109	3.313.577	20.754	37.469
UFC-MA	0,0149	0,0148	2.987.474	2.961.717	3.002.135	14.662	40.419
UFSC-HU	0,0139	0,0139	2.782.727	2.775.235	2.813.897	31.170	38.662
UFBA-MA	0,0129	0,0127	2.585.915	2.546.547	2.607.052	21.137	60.505
UFRJ-HU	0,0100	0,0098	1.998.539	1.969.720	2.011.893	13.354	42.173
UFPR-HC	0,0096	0,0095	1.922.664	1.894.922	1.945.940	23.276	51.018
UFG-HC	0,0093	0,0092	1.856.850	1.844.193	1.881.331	24.481	37.138
UFRN-MAE	0,0078	0,0078	1.565.478	1.552.313	1.580.674	15.195	28.360
UFRN-HU-AB	0,0074	0,0074	1.487.288	1.471.800	1.512.155	24.867	40.355
UFRJ-HE	0,0060	0,0059	1.198.725	1.176.239	1.211.349	12.624	35.110
UFRJ-IN	0,0037	0,0037	733.743	730.063	745.583	11.840	15.520
UFRJ-IG	0,0036	0,0036	728.706	717.203	735.942	7.236	18.739
UFPA-HU-JBB	0,0027	0,0028	546.418	553.109	560.949	14.531	7.840
UFRJ-IPP	0,0026	0,0026	516.463	513.270	521.900	5.437	8.630
UFRJ-IPSI	0,0006	0,0006	119.841	122.948	126.517	6.675	3.569

Fonte: resultados da pesquisa.

A distribuição destacada na Tabela 25, verifica forte similaridade entre a proposta do MEC e a aplicação do Índices de Poder. As diferenças foram construídas considerando o valor destinado pela portaria do MEC menos o valor destinado pelo Índice de Poder. Verifica-se então a subestimação, por parte da Matriz do REHUF, dos montantes destinados aos HUs com maior desempenho e a superestimação do montante destinado aos HUs com menor desempenho. Considerando as pressuposições destacadas pela construção teórica dos Índices de Poder, verifica-se então que a distribuição proporcional efetivamente gera injustiças na distribuição, corroborando com Banzhaf (1965, 1968).

Apresentados os resultados é possível concluir sobre o trabalho, levando em consideração suas motivações e objetivos. O capítulo seguinte se destina a conclusão deste estudo levando em consideração o que foi discutido até o momento.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo descreve a conclusão da pesquisa. Neste capítulo discute-se e se verifica a confirmação da tese proposta por este estudo. Sua estruturação é dada por uma primeira seção destinada a conclusão da pesquisa e em seguida, uma segunda seção destina-se a apresentar perspectivas de continuidade do estudo por meio de recomendações.

### 5.1 CONCLUSÃO

A presente pesquisa possuiu como limiar de construção a formulação de uma solução para os problemas de alocação de recursos baseado no desempenho. Considerou-se inicialmente que o desempenho é uma medida de importância mediante comparação entre uma alternativa avaliada e seu ambiente competitivo. Competição e importância são palavras-chave para se verificar a aplicabilidade dos Índices de Poder como instrumento de alocação de recursos. Além do mais, os Índices de Poder possuem em sua construção a preocupação com justiça de ganhos, que em problemas de alocação estatal de recursos devem sempre ser uma forte vertente.

Desta maneira, esta tese se pautou sobre a seguinte problemática: Como os *Voting Games*, por meio dos Índices de Poder de Shapley-Shubik e Banzhaf, pode ser aplicada a problemas de alocação de recursos com base no desempenho, especificamente no caso dos Hospitais participantes do REHUF? Esta pergunta norteia também o objetivo geral da pesquisa: Modelar a conciliação dos *Voting Games*, por meio dos Índices de Poder de Shapley-Shubik e Banzhaf, aos problemas de alocação de recursos com base no desempenho para Hospitais Universitários participantes do REHUF.

Um conjunto de cinco objetivos específicos foi elaborado, e sobre estes se construiu o processo de investigação empírica. O primeiro objetivo específico buscou mensurar o desempenho dos hospitais universitários, utilizando o método de hierarquização baseado na função de utilidade, T-ODA. Este objetivo pode ser considerado satisfeito tendo em vista que os resultados foram obtidos. O modelo utilizou-se de importâncias obtidas pela Entropia da Informação para obtenção dos pesos e assim ser possível a ponderação da performance de acordo com seu poder informacional. Os resultados foram satisfatórios de acordo com o que se propõem no trabalho.

O segundo objetivo específico da pesquisa, propôs-se mensurar o desempenho dos hospitais universitários federais, utilizando métodos baseados na função de compromisso, TOPSIS e VIKOR. O objetivo foi atendido, visto que os resultados são coerentes e destacam efetivamente o desempenho de cada um dos hospitais. De similar modo levou-se em consideração o peso informacional de cada indicador obtido pela entropia da informação, além de analisar as implicações existentes na inserção destes pesos. Os resultados destacaram estes métodos de mensuração do desempenho como importantes ferramentas de gerenciamento organizacional com base no desempenho de indicadores, corroborando com Papanicolas et al. (2013). O método VIKOR também se apresentou de forma contundente na utilização de penalizações às alternativas com desempenho insatisfatório em algum critério analisado.

Pelo terceiro objetivo específico buscou-se mensurar o desempenho dos hospitais universitários, utilizando o método de hierarquização *outranking*, PROMETHEE II. Assim como os objetivos específicos a e b, este também foi atendido tendo em vista a construção os *scores* de desempenho por meio do método PROMETHEE II. Este método confirma a possibilidade de utilização de qualquer uma das três correntes de MCDM descrita por este trabalho na mensuração do desempenho. Destaca-se que o método PROMETHEE II necessita de adaptação no *score* final para ser possível sua conciliado aos Índices de Poder.

De posse dos quatro índices de desempenho mensurados, foi possível a verificação do quarto objetivo específico, que propôs estabelecer os Índices de Poder de cada HU segundo seu desempenho (considerando os resultados de cada método de mensuração de desempenho), utilizando os índices de Shapley-Shubik e Banzhaf. Utilizou-se para tanto os resultados referentes a aplicação da simulação de Monte-Carlo na estimação dos referidos índices. As estimativas da simulação auferiram valores com precisão de  $10^{-3}$ , o que se julga suficiente para o modelo que esta tese propõem a estabelecer. Definiu-se para tanto um jogo cujo vetor de votos admitido seria dado pelos valores do desempenho mensurado e que a cota de aprovação assumida seria  $q = 1/2$  da soma total dos desempenhos. Destaca-se que os resultados empíricos mostraram que o valor assumido para a cota, seja maioria simples ou maioria qualificada não interferiu significativamente no poder, quando se analisa uma grande comissão eleitoral. Conforme destacado anteriormente, o índice de desempenho mensurado por meio do método PROMETHEE II, necessitou de uma transformação assim como o vetor de desempenho mensurado pelo método VIKOR. Mesmo com estas transformações os resultados apresentaram coerência em sua mensuração e permitiram a estimativa do montante a ser distribuído para os HUs avaliados.

O último objetivo específico analisado teve por propósito determinar a distribuição dos recursos, baseado nos Índices de Poder de cada hospital universitário com base no desempenho, comparando-a com o estabelecido na distribuição oficial. Os resultados para este objetivo evidenciam diferenças marcantes entre os métodos. Primeiramente o método T-ODA tendeu a aumentar o montante distribuído entre HUs com destinações inferiores a 2 milhões segundo a Matriz REHUF. O método TOPSIS gerou resultados que se assemelham melhor com os resultados da distribuição oficial, porém sua medida de desempenho se mostrou a mais desconexa que as demais medidas. O método de distribuição de recursos que utiliza o modelo VIKOR tendeu a valorizar mais o alto desempenho e menos o baixo desempenho. Este método tendeu a forte redução no montante distribuído às pequenas instituições. Por sua vez o PROMETHEE II não mostrou discrepâncias concentradas em extremos, como foi o caso dos demais métodos, que ou concentraram em entidades de baixo desempenho ou em entidades de alto. O modelo de distribuição baseado no método PROMETHEE II destaca o fortalecimento de entidades com boa ou má avaliação pelos parâmetros oficiais. Estas discrepâncias nos resultados elevam de forma mais acentuada as perspectivas do tomador de decisão e principalmente o objetivo da decisão tomada, ou seja, não é possível definir de forma imparcial qual modelo é melhor. Entretanto é possível perceber que o modelo conciliado entre método PROMETHEE II e Índices de Poder foi o que auferiu as menores distorções e equidade entre os hospitais.

Complementou-se o estudo com a aplicação dos Índices de Poder nos indicadores de desempenho construídos a partir da Matriz REHUF estabelecida pela Portaria nº 538/2013. Estes resultados confirmaram o que Banzhaf (1965, 1968) destaca: a distribuição de poder proporcional ao número de votos (neste caso ao desempenho) é injusta, principalmente para pequenas comissões eleitorais. Para grandes comissões, conforme afirmam Jelnov e Tauman (2014) o poder tende a distribuir-se de forma proporcional o que também verificou-se neste estudo.

Desta maneira, como cumpriu-se todos os objetivos específicos deste trabalho, é possível confirmar o objetivo geral da pesquisa bem como responder sua questão. Quanto ao objetivo geral da pesquisa, verifica-se seu cumprimento, tendo em vista a formulação realizada dos modelos de alocação de recursos que unificam o poder associado ao desempenho das alternativas. Dados os modelos elaborados é possível destacar a pouca diferença entre a mensuração do desempenho por meio do Índice de Banzhaf e do Índice de Shapley-Shubik. De forma equivalente, as medidas de desempenho mostraram algumas variações, considerando seus aspectos estruturais. Desta forma, cada medida de desempenho mostrou alguma virtude,

tornando todas as metodologias avaliadas importantes para aplicação em outros ambientes de alocação de recursos.

Considerando a satisfação do objetivo geral é possível destacar como afirmativa a resposta para a pergunta de pesquisa, sabendo que a pesquisa empírica mostrou em sua construção como modelos com o foco no desempenho podem melhorar a distribuição de recursos quando comparado com o ambiente competitivo. Destaca-se como de fundamental importância o fato da construção teórica dos Índices de Poder gerar este aparato para conclusão sobre a justiça e equidade na distribuição de recursos.

Considerando a Tese estabelecida para esta pesquisa: A solução de *Voting Games*, por meio dos Índices de Poder (Shapley-Shubik e Banzhaf) agregados a Modelos de Apoio a Decisão Multicritério na mensuração do desempenho, permite a alocação de recursos, pautada na justiça e equidade, com base na performance. É possível confirmá-la, por conta do que foi apresentado de aporte teórico e de resultados empíricos. Entende-se justiça como um fator oriundo da contribuição que cada Hospital Universitário dá ao desempenho conjunto e equidade como o direito a recursos considerando sua importância.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES

As recomendações para estudos futuros, ressalta um conjunto de fatores que necessitam de maiores esclarecimentos, considerando para tanto os resultados desta pesquisa.

Quanto a aplicabilidade em outras áreas do conhecimento, é necessária a verificação do desempenho destes métodos em outros conjuntos de dados provenientes de outros setores competitivos e com outras implicações econômicas ou sociais. Cabe assim verificar se os resultados obtidos pelos métodos se mantêm na comparação entre as metodologias envolvidas neste trabalho.

Deixa-se ainda como recomendação o estudo dos métodos de apoio à decisão multicritério como instrumento de mensuração do desempenho, seja ele operacional e ou financeiro.

A terceira recomendação tange a aplicação de outros índices de poder existentes, como por exemplo, o Índice de Coleman.

## REFERÊNCIAS

AGHDAIE, M. H.; ZOLFANI, S. H.; ZAVADSKAS, E. K. Synergies of data mining and multiple attribute decision making. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 110, p. 767-776, 2014.

ALBIZURI, M. J.; LARUELLE, An. An axiomatization of success. **Social Choice and Welfare**, v. 41, n. 1, p. 145-155, 2013.

ALESKEROV, F.; AVCI, G.; IAKOUBA, V.; TÜREM, Z. U. European Union enlargement: Power distribution implications of the new institutional arrangements. **European Journal of Political Research**, v. 41, n. 3, p. 379-394, 2002.

ALONSO, José M.; CLIFTON, Judith; DÍAZ-FUENTES, Daniel. The impact of New Public Management on efficiency: An analysis of Madrid's hospitals. **Health Policy**, v. 119, n.3, p. 333-340, 2015.

ALONSO-MEIJIDE, J. M.; FIESTRAS-JANEIRO, M. G; CARRERAS, F. The multilinear extension and the symmetric coalition Banzhaf value. **Theory and Decision**, v. 59, n. 2, p. 111-126, 2002.

AYDOGAN, E. K. Performance measurement model for Turkish aviation firms using the rough-AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 4, p. 3992-3998, 2011.

BALSMEIER, B.; BERMIG, A.; DILGER, A. Corporate governance and employee power in the boardroom: an applied game theoretic analysis. **Journal of Economic Behavior and Organization**, n. 91, 2013, 51 – 74.

BANZHAF, J. F. Weighted voting doesn't work: A mathematical analysis. **Rutgers L. Rev.**, v. 19, p. 317, 1965.

BANZHAF, J. F. One man, 3.312 votes: a mathematical analysis of the Electoral College. **Villanova. Law Review**, v. 13, p. 304, 1968.

BARUA, R.; CHAKRAVARTY, S. R.; ROY, S. A new characterization of the Banzhaf index of power. *International Game Theory Review*, v. 7, n.4, p. 545-553, 2005.

BARUA, R.; CHAKRAVARTY, S. R.; SARKAR, P. Minimal-axiom characterizations of the Coleman and Banzhaf indices of voting power. **Mathematical Social Sciences**, v. 58, n. 3, p. 367-375, 2009.

BENATI, S.; RIZZI, R.; TOVEY, C. The complexity power indexes with graph restricted coalitions. **Mathematical Social Science**, n. 76, 2015, 53 – 63.

BEZERRA, F. A.; GRANDE, J. F.; SILVA, A. J. Análise e caracterização de modelos de custos que utilizam o valor de Shapley para alocação de custos entre departamentos. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 1, p. 74-84, 2009.

BILBAO-TEROL, A.; ARENAS-PARRA, M.; CAÑAL-FERNÁNDEZ, V.; ANTONIL-IBIAS, J. Using TOPSIS for assessing the sustainability of government bond funds. **Omega**, v. 49, p. 1-17, 2014.

BILBAO, J. M.; FERNANDEZ, J. R.; JIMÉNEZ, N.; LÓPEZ, J. J. Voting power in the European Union enlargement. **European Journal of Operational Research**, v. 143, n. 1, p. 181-196, 2002.

BINDSEIL, U.; HANTKE, C. The power distribution in decision making among EU member states. **European Journal of Political Economy**, v. 13, n. 1, p. 171-185, 1997.

BOLGER, E. M. Characterizing the Banzhaf and Shapley values assuming limited linearity. **International Journal of Game Theory**, v. 11, n. 1, p. 1-12, 1982.

BONACIM, C. A. G.; ARAUJO, A. M. P. Valor econômico agregado por hospitais universitários públicos. **Revista de Administração de Empresas**, v. 49, n. 4, p. 419-433, 2009.

BONACIM, C. A. G.; ARAUJO, A. M. P. Avaliação de desempenho econômico-financeiro dos serviços. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, p. 1055-1068, 2011.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. A preference ranking organization method (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). **Management Science**, v. 31 n. 6, 1985, 647-656.

BRANS, J.-P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. **European journal of operational research**, v. 24, n. 2, p. 228-238, 1986.

BRANS, J.P.; MARESCHAL, B.; VINCKE, P. PROMETHEE, A new family of outranking methods in MCDM, **IFORS** 84, North-Holland, Amsterdam, 477-490, 1984.

BRASIL. **Decreto Lei nº 7.082**, de 27 de janeiro de 2010. Institui o Programa Nacional de Reestruturação dos Hospitais Federais. REHUF. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 jan. 2010.

BRASIL. **Portaria nº 538**, de 14 de junho de 2013. Altera a Portaria MEC/GM nº 1310, de 10 de novembro de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 jun. 2013.

BULGURCU, B. K. Application of TOPSIS technique for financial performance evaluation of technology firms in Istanbul Stock Exchange Market. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 62, p. 1033-1040, 2012.

CABLES, E.; GARCÍA-CASCALES, M. S.; LAMATA, M. T. The LTOPSIS: An alternative to TOPSIS decision-making approach for linguistic variables. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 2, p. 2119-2126, 2012.

CASAJUS, A. Amalgamating players, symmetry, and the Banzhaf value. **International Journal of Game Theory**, v. 41, n. 3, p. 497-515, 2012.

CHATTERJEE, P.; ATHAWALE, V. M.; CHAKRABORTY, S. Selection of materials using compromise ranking and outranking methods. **Materials & Design**, v. 30, n. 10, p. 4043-4053, 2009.

CHEN, K.; KOU, G.; SHANG, J.; CHEN, Y. Visualizing market structure through online product reviews: Integrate topic modeling, TOPSIS, and multi-dimensional scaling approaches. **Electronic Commerce Research and Applications**, v. 14, p. 58-74, 2015.

CIVIC, A.; VUCIJAK, B. Multi-criteria Optimization of Insulation Options for Warmth of Buildings to Increase Energy Efficiency. **Procedia Engineering**, v. 69, p. 911-920, 2014.

COLEMAN, J. S. Control of collectivities and the power of a collectivity to act. In **Social Choice**, ed. B. Lieberman, Gordon, London, 1971, 269-300.

CUNHA, J. A. C.; CORRÊA, H. L. Avaliação de desempenho organizacional: um estudo aplicado em hospitais filantrópicos. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 53, n. 5, p. 485-499, 2013.



DIMOV, I. T. **Monte Carlo Methods for Applied Scientists**. London, World Scientific, 2008.

DUBEY, P. On the uniqueness of the Shapley value. **International Journal of Game Theory**, v. 4, n. 3, p. 131-139, 1975.

DUBEY, P.; SHAPLEY, L. S. Mathematical properties of the Banzhaf power index. **Mathematics of Operations Research**, v. 4, n. 2, p. 99-131, 1979.

DUBEY, P.; EINY, E.; HAIMANKO, O. Compound voting and the Banzhaf index. **Games and Economic Behavior**, v. 51, n. 1, p. 20-30, 2005.

EDELMAN, P. H. Voting power and at-large representation. *Mathematical Social Sciences*, n. 47, 2004, 219-232.

EINY, E.; HAIMANKO, O. Characterization of the Shapley–Shubik power index without the efficiency axiom. **Games and Economic Behavior**, v. 73, n. 2, p. 615-621, 2011.

ELDENBURG, L.; KRISHNAN, R. Public versus private governance: a study of incentives and operational performance. **Journal of Accounting and Economics**, v. 35, n. 3, p. 377-404, 2003.

FATIMA, S. S.; WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. A linear approximation method for the Shapley value. **Artificial Intelligence**, n.172, 2008, 1673-1699.

FELSENTHAL, D. S.; MACHOVER, M. The weighted voting rule in the EU's Council of Ministers, 1958-95: intentions and outcomes. **Electoral Studies**, v. 16, n. 1, p. 33-47, 1997.

FELTKAMP, V. Alternative axiomatic characterizations of the Shapley and Banzhaf values. **International Journal of Game Theory**, v. 24, n. 2, p. 179-186, 1995.

GHOLAMI, R.; HIGÓN, D. A.; EMROUZNEJAD, A. Hospital performance: Efficiency or quality? Can we have both with IT? **Expert systems with applications**. 2015.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo : Atlas, 2010.

GONZÁLEZ-DÍAZ, J.; GARCÍA-JURADO, I.; FIESTRAS-JANEIRO, M. G. (2010). **An introductory course on mathematical game theory**. Graduate Studies in Mathematics 115. American Mathematical Society, 2010.

HAMMERSLEY, J. M.; HANDSCOMB, D. C. **Monte Carlo Methods**. London: Methuen e Co LTD, 1964.

HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple attribute decision making, methods and applications**. Lecture notes in economics and mathematical systems, v. 186. New York: Springer-Verlang, 1981.

İÇ, Y. T. A TOPSIS based design of experiment approach to assess company ranking. **Applied Mathematics and Computation**, v. 227, p. 630-647, 2014.

ISHIZAKA, A. Clusters and pivots for evaluating a large number of alternatives in AHP. **Pesquisa Operacional**, v. 32, n. 1, p. 87-102, 2012.

JELNOV, A.; TAUMAN, Yr. Voting power and proportional representation of voters. **International Journal of Game Theory**, v. 43, n. 4, p. 747-766, 2014.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The balanced scorecard: measures that drive performance. *Harvard Business Review*, p. 71-79, 1992.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Alignment: Using the balanced scorecard to create corporate synergies**. Harvard Business Press, 2006.

KNAZIK, S. R.; BAKER, K. Improving Operational Efficiency in the Emergency Department—The Children's Hospital of Michigan Experience. **Clinical Pediatric Emergency Medicine**, v. 12, n. 2, p. 133-140, 2011.

KONTODIMOPOULOS, N.; NIAKAS, D. Efficiency measurement of hemodialysis units in Greece with data envelopment analysis. **Health Policy**, v. 71, n. 2, p. 195-204, 2005.

KROENKE, A.; WILHELM, V. E. Multicriteria Fuzzy Games as a tool to the evaluation of Brazilian companies. **Applied Mathematical Sciences**, v. 8, n. 150, 2014, p.7453-7467.

LAI, Y.-J.; LIU, T.-Y.; HWANG, C.-L. TOPSIS for MODM. **European Journal of Operational Research**, v. 76, n. 3, p. 486-500, 1994.

LARUELLE, A.; VALENCIANO, F. Shapley-Shubik and Banzhaf indices revisited. **Mathematics of operations research**, v. 26, n. 1, p. 89-104, 2001.

LARUELLE, A.; VALENCIANO, F. Inequality among EU citizens in the EU's Council decision procedure. **European Journal of Political Economy**, v. 18, n. 3, p. 475-498, 2002.

LARUELLE, A.; VALENCIANO, F. Semivalues and voting power. **International Game Theory Review**, v. 5, n. 1, p. 41-61, 2003.

LARUELLE, A.; VALENCIANO, F. Assessing success and decisiveness in voting situations. **Social Choice and Welfare**, v. 24, n. 1, p. 171-197, 2005.

LEECH, D. Computing Power Indices for Large Voting Games. **Management Science**, v. 49, n. 6, p. 831-837, 2003.

LEHRER, E. An axiomatization of the Banzhaf value. **International Journal of Game Theory**, v. 17, n. 2, p. 89-99, 1988.

LI, X.; WANG, K.; LIU, L.; XIN, J.; YANG, H.; GAO, C. Application of the entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal mines. **Procedia Engineering**, v. 26, p. 2085-2091, 2011.

LINNA, M.; HÄKKINEN, U.; MAGNUSSEN, J. Comparing hospital cost efficiency between Norway and Finland. **Health Policy**, v. 77, n. 3, p. 268-278, 2006.

LINS, M. E.; LOBO, M. D. C.; SILVA, A. C. M. D.; FISZMAN, R.; RIBEIRO, V. D. P. O uso da Análise Envolvente de Dados (DEA) para avaliação de hospitais universitários brasileiros. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 4, p. 985-98, 2007.

LOBO, M. S. C.; LINS, M. P. E.; SILVA, A. C. M.; FISZMAN, R. Avaliação de desempenho e integração docente-assistencial nos hospitais universitários. **Rev Saúde Pública**, v. 44, n. 4, p. 581-90, 2010.

LUCE, D.; RAIFFA, H. **Games and decisions**. New York: Dover, 1957.

MACHADO, S. P.; KUCHENBECKER, R. Desafios e perspectivas futuras dos hospitais universitários no Brasil. **Ciência Saúde Coletiva**, v. 12, n. 4, p. 871-7, 2007.

MAGNUSSEN, J.; NYLAND, K. Measuring efficiency in clinical departments. **Health policy**, v. 87, n. 1, p. 1-7, 2008.

MALAWSKI, M. Equal treatment, symmetry and Banzhaf value axiomatizations. **International Journal of Game Theory**, v. 31, n. 1, p. 47-67, 2002.

MANDIC, K.; DELIBASIC, B.; KNEZEVIC, S.; BENKOVIC, S. Analysis of the financial parameters of Serbian banks through the application of the fuzzy AHP and TOPSIS methods. **Economic Modelling**, v. 43, p. 30-37, 2014.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.. **Metodologia do trabalho científico**: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 7. ed. rev. e ampl. São Paulo : Atlas, 2011.

MAYERSON, A. The Americans with Disabilities Act—An Historic Overview. **The Labor Lawyer**, p. 1-9, 1991.

MEDICI, A. C. Hospitais universitários: passado, presente e futuro. **Rev Ass Med Brasil**, v. 47, n. 2, p. 149-156, 2001.

MEIRELES, M.; SANCHES, M. A. **ST-ODA Strategic Trade-Off Decision Analysis**. São Paulo: Faccamp, 2009.

MESTERTON-GIBBONS, M. **An introduction to game-theoretic modelling**. American Mathematical Society., 2 ed., 2000.

MYERSON, R. B. **Game theory: analysis of conflict**. Harvard University Press, 1997.

NASH, J. Equilibrium points in n-person games. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 36, p.48-49, 1950a.

NASH, J. The bargaining problem. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 155-162, 1950b.

NASH, J. Non-cooperative games. **The annals of mathematics**, v. 54, n. 2, p. 286-295, 1951.

NEELY, A.; ADAMS, C. Performance Prism. **Encyclopedia of Social Measurement**, v. 3, p 41-48, 2005.

NEELY, A.D.; MILLS, J.F.; GREGORY, M.J.; RICHARDS, A.H.; PLATTS, K.W.; BOURNE, M.C.S. **Getting the Measure of Your Business**, Findlay Publications, Horton Kirby., 1996.

NEPOMUCENO, L. D. O.; COSTA, H. G. Analyzing perceptions about the influence of a master course over the professional skills of its alumni: a multicriteria approach. **Pesquisa Operacional**, v.35 n.1, 2015, 187 – 211.

NEWMAN, M. E. J.; BARKEMA, G. T. **Monte Carlo Methods in Statistical Physics**. New York, Clarendon Press – Oxford, 1999.

NOWAK, A. S. On an axiomatization of the Banzhaf value without the additivity axiom. **International Journal of Game Theory**, v. 26, n. 1, p. 137-141, 1997.

NOWAK, A. S.; RADZIK, T. An alternative characterization of the weighted Banzhaf value. **International Journal of Game Theory**, v. 29, n. 1, p. 127-132, 2000.

O'NEILL, L.; RAUNER, M.; HEIDENBERGER, K.; KRAUS, M. A cross-national comparison and taxonomy of DEA-based hospital efficiency studies. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 42, n. 3, p. 158-189, 2008.

OPRICOVIC, S. **Multicriteria Optimization in Civil Engineering**. Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.

OPRICOVIC, S.; TZENG, G.-H. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. **European Journal of Operational Research**, v. 156, n. 2, p. 445-455, 2004.

OPRICOVIC, S.; TZENG, G.-H. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. **European Journal of Operational Research**, v. 178, n. 2, p. 514-529, 2007.

ÖZGEN, H.; ŞAHİN, İ. Measurement of efficiency of the dialysis sector in Turkey using data envelopment analysis. **Health Policy**, v. 95, n. 2, p. 185-193, 2010.

PAPANICOLAS, I.; KRINGOS, D.; KLAZINGA, N. S.; SMITH, P. C. Health system performance comparison: New directions in research and policy. **Health Policy**, v. 112, n. 1, p. 1-3, 2013.

POMEROL, J.-C.; BARBA-ROMERO, S. **Multicriterion decision in management: principles and practice**. Springer Science & Business Media, 2000.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROSSONI, C. **Decisão multicritério: uma pesquisa experimental para avaliação da percepção dos gestores de MPE acerca do modelo de tomada de decisão multicritério T-ODA quanto à sua aplicabilidade**. 2011, 260 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Campo Limpo Paulista – FACCAMP, São Paulo.

ROSSONI, C.; MEIRELES, M. Decisão multicritério: uma análise dos resultados obtidos pelos métodos T-ODA e AHP. *In*: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 14, 2011. São Paulo. **Anais**. São Paulo: FGV EASP, 2011.

ROSZKOWSKA, E.; WACHOWICZ, T. Application of fuzzy TOPSIS to scoring the negotiation offers in ill-structured negotiation problems. **European Journal of Operational Research**, v. 242, n. 3, p. 920-932, 2015.

ROTH, A. E.; VERRECCHIA, R. E. The Shapley value as applied to cost allocation: a reinterpretation. **Journal of Accounting Research**, p. 295-303, 1979.

ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Springer Science & Business Media, 1996.

ROY B; SKALKA JM.. ELECTRE IS: Aspécts methodologiques et guide d'utilisation. IN LAMSADE. Ed. Cahier du LAMSADE. Paris, Université de Paris-Dauphine, 1985.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of mathematical psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAN CRISTÓBAL, J. R. Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: the Vikor method. **Renewable Energy**, v. 36, n. 2, p. 498-502, 2011.

SCHMEIDLER, D. The nucleolus of a characteristic function game. **SIAM Journal on applied mathematics**, v. 17, n. 6, p. 1163-1170, 1969.

SCHOUT, D.; NOVAES, H. M. D. Do registro ao indicador: gestão da produção da informação assistencial nos hospitais. **Ciência Saúde Coletiva**, v. 12, n. 4, p. 935-44, 2007.

SHAPLEY, L. S. Stochastic games. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 39, n. 10, p. 1095, 1953.

SHAPLEY, L. S. **Values of Large Games, IV**: Evaluating the electoral College by Montecarlo techniques. Project Rand, Research Memorandum, Santa Monica, 1960.

SHAPLEY, L. S.; SHUBIK, M. A method for evaluating the distribution of power in a committee system. **American Political Science Review**, v. 48, n. 03, p. 787-792, 1954.

SHEMASHADI, A.; SHIRAZI, H.; TOREIHI, M.; TAROKH, M. J. A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 10, p. 12160-12167, 2011.

SOUZA, A. A.; RODRIGUES, L. T.; LARA, C. O.; GUERRA, M.; PEREIRA, C. M. Indicadores de desempenho econômico-financeiro para hospitais: um estudo teórico. **RAHIS**, n. 3, 2010.

TEZZA, R.; BORNIA, A. C.; VEY, I.H. Sistemas de medição de desempenho: uma revisão e classificação da literatura. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 1, p. 75-93, 2010.

TSAI, W.-H.; CHOU, W.-C.; LEU, J.-D. An effectiveness evaluation model for the web-based marketing of the airline industry. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 12, p. 15499-15516, 2011.

TZENG, G.-H.; HUANG, J.-J. **Multiple Attribute Decision Making**: methods and applications. CRC Press: 2011.

VAN DEN BRINK, René. Axiomatizations of Banzhaf permission values for games with a permission structure. **International Journal of Game Theory**, v. 39, n. 3, p. 445-466, 2010.

VINCKE, P. Robust solutions and methods in decision-aid. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 8, n. 3, p. 181-187, 1999.

VITIKAINEN, K.; STREET, A.; LINNA, M. Estimation of hospital efficiency—Do different definitions and casemix measures for hospital output affect the results?. **Health Policy**, v. 89, n. 2, p. 149-159, 2009.

VOGT, M.; HEIN, N.; ROSA, F. S.; DEGENHART, L. Método T-ODA na mensuração da evidência ambiental das empresas brasileiras listadas no IBRX-100 da BM&FBovespa – um estudo multicritério. In: Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, XVIII, 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro. 2015.

VON NEUMANN, J.; MORGENSTERN, O. **Theory of games and economic behavior**. Princeton: Princeton University Press, 1944.

WANG, Z.-X.; WANG, Y.-Y. Evaluation of the provincial competitiveness of the Chinese high-tech industry using an improved TOPSIS method. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 6, p. 2824-2831, 2014.

WU, H.-Y.; CHEN, J. K.; CHEN, I. S.; ZHUO, H. H. Ranking universities based on performance evaluation by a hybrid MCDM model. **Measurement**, v. 45, n. 5, p. 856-880, 2012.

WU, H.-Y.; LIN, Y.-K.; CHANG, C.-H. Performance evaluation of extension education centers in universities based on the balanced scorecard. **Evaluation and Program Planning**, v. 34, n. 1, p. 37-50, 2011.

YAZDANI, M.; PAYAM, A. F. A comparative study on material selection of microelectromechanical systems electrostatic actuators using Ashby, VIKOR and TOPSIS. **Materials & Design**, v. 65, p. 328-334, 2015.

YU, P. L. A class of solutions for group decision problems. **Management Science**, v. 19, n. 8, p. 936-946, 1973.

ZELENY, M. **Multiple Criteria Decision Making**: Kyoto 1975, New York: Springer. 1975.

ZELENY, M. The Theory of the Displaced Ideal. In BECKMANN, M; KÜNZI, H. P. **Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems**. Springer-Verlag, New York, 1976.

ZELENY, M. **Multiple Criteria Decision Making**. McGraw-Hill, New York, 1982.



ZHANG, Y. J.; WANG, A. D.; DA, Y. B. Regional allocation of carbon emission quotas in China: Evidence from the Shapley value method. **Energy Policy**, n. 74, 2014, 454-464.

ZUCKERMAN, M.; FALISZEWSKI, P.; BACHRACH, Y.; ELKIND, E. Manipulating the quota in weighted voting games. **Artificial Intelligence**, n. 180-181, 2012, 1 – 19.